

Artículo original

Evaluación de la contaminación por metales pesados y su acumulación en plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Ambar Rosa Guzmán-Morales^{1*} 

Orestes Cruz-La Paz¹ 

Ramiro Valdés-Carmenate¹ 

Pedro A. Valdés-Hernández¹ 

¹Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”, carretera a Tapaste y Autopista Nacional, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700

*Autor para correspondencia: ambar@unah.edu.cu

RESUMEN

Una especie de planta considerada bioindicadora de la presencia de metales pesados en los suelos es la lechuga, consumida por la población de forma fresca, encontrándose en sus hojas las mayores concentraciones. La investigación se realizó en áreas aledañas a la Empresa Cerámica Blanca “Adalberto Vidal” del Consejo Popular de Jamaica, en San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, con el objetivo de evaluar la extracción de metales pesados por plantas de lechuga en condiciones de producción. Se realizó un muestreo aleatorizado del suelo y cultivo. Se determinó el contenido de metales pesados por Fluorescencia de Rayos X—Dispersiva en Energías y se estimó el coeficiente de transferencia en el cultivo. Los valores obtenidos fueron comparados con los límites máximos permisibles y los niveles peligrosos para suelo y plantas, propuestos en la literatura. Los resultados mostraron que el suelo está contaminado por los metales Ni, Cu y Pb. En el cultivo se encontró la acumulación de siete metales pesados estudiados (Fe, Co, Zn, Mn, Cu, Ni y Pb) en niveles elevados y la mayor acumulación es en la parte aérea, lo cual representa un peligro para la seguridad alimentaria local.

Palabras clave: degradación, polución, toxicidad

Recibido: 24/06/2020

Aceptado: 26/08/2021

INTRODUCCIÓN

Una especie de planta considerada bioindicadora de metales pesados es la lechuga (*Lactuca sativa* L.), empleada por la población de forma fresca y es en la parte comestible (hojas) donde se acumula la mayor concentración de estos elementos ⁽¹⁾. A pesar del esfuerzo, en cuanto a educación ambiental, que se ha realizado por parte del Grupo Científico FITOPLANT de la UNAH, aún en las áreas aledañas a la Empresa Cerámica Blanca “Adalberto Vidal” (actual empresa mixta desde el año 2018 SANVIG, S.A.) del Consejo Popular de Jamaica, se continúa cosechando este cultivo con fines alimenticios y de comercialización, ya que no muestra síntomas de toxicidad ante condiciones de estrés metálico ⁽²⁾.

Algunas plantas y otros organismos desarrollan un complejo mecanismo fisiológico para minimizar los efectos negativos de los metales pesados, controlando la absorción, acumulación y translocación de estos elementos en el tejido vegetal. Estos mecanismos protegen las células, provocando la tolerancia de las plantas a estos elementos, por lo que técnicas de tratamiento tienen su génesis en la capacidad de diferentes organismos (plantas y microorganismos) para degradar, extraer o inmovilizar los contaminantes orgánicos o inorgánicos del suelo o el agua ⁽³⁾. Por ello, son importantes los estudios atribuidos a la presencia de metales pesados y algunos de sus compuestos en zonas agrícolas ubicadas sobre antiguas fundiciones, refinerías, fábricas de aluminio, industria metalúrgica y empresas cerámicas. Algunos de ellos se precipitan en el fango de los alcantarillados, por lo que el cultivo suele contener altas concentraciones de estos metales ⁽⁴⁾.

Se ha demostrado científicamente que, además de causar algunos de los problemas ambientales más graves, la exposición a metales pesados en determinadas circunstancias, es la causa de daños directos en el hombre, ya que a pesar de considerarse elementos traza son tóxicos alimentarios y sus efectos negativos sobre la salud se manifiestan a largo plazo. Se ha reportado la acción de diferentes metales pesados sobre el incremento de casos de cáncer, lesiones del sistema nervioso y retraso intelectual y mental como resultado del consumo de aguas y alimentos contaminados con estos metales ⁽⁵⁻⁸⁾.

El objetivo del trabajo es evaluar la capacidad de extracción de metales pesados por plantas de lechuga en condiciones de producción en las áreas aledañas al vertimiento de residuales de la Empresa Cerámica “Adalberto Vidal” en el municipio de San José de las Lajas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un área agrícola aledaña al vertimiento de los residuales de la Empresa Cerámica Blanca “Adalberto Vidal” en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque (Figura 1), ubicada a una distancia de 200 m de la fuente de contaminación y se estableció como suelo patrón un perfil de la Finca “La Asunción”, ubicada en el mismo municipio, en un área no afectada por residuales, es un terreno no cultivado por más de 60 años, con una vegetación espontánea y no recibe tratamiento alguno.



Figura 1. a) Expulsión y tránsito de los residuales de la Empresa b) área de producción

Para el montaje del experimento se utilizó un diseño Completamente Aleatorio. Para las matrices en estudio (suelo y cultivo) se tomaron cinco puntos de muestreo con tres réplicas. Los muestreos se realizaron siguiendo diagonales en la parcela: inicio, medio y final, obteniendo al final una muestra única como promedio de los puntos de muestreo. Las muestras de suelo se tomaron manualmente a una profundidad de 0-20 cm, despreciando la capa superficial, con una separación aproximada de 1 m del límite de la parcela, en esta misma condición se tomaron las muestras del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Black Simpson, en el momento de la cosecha, realizando las determinaciones de metales pesados en raíz, tallo y hojas. Además, se calculó el coeficiente de transferencia a partir de la relación parte aérea/parte radical, que indica hacia donde se translocan los iones metálicos.

Las muestras de suelo se limpiaron (eliminación de piedras, plantas, materias extrañas) y se tamizaron a 125 μm para luego mezclarlas con celulosa en una relación 4:1, después de homogeneizadas, se confeccionaron pastillas “infinitamente gruesas”,

prensadas a 15 t. La irradiación de las pastillas se realizó por 6 h de tiempo vivo y el tiempo muerto estuvo en todos los casos por debajo del 1 %.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio Analítico del Departamento de Física Nuclear de InSTEC por Fluorescencia de Rayos X—Dispersiva en Energía ⁽⁹⁾. La determinación de 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 ²³⁸Pu 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 características de 1 cm de diámetro y altura del portamuestra ajustable. La mínima distancia fuente-detector es 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.

Para las determinaciones en muestras vegetales del cultivo de lechuga, después de secadas a 70 °C por separado parte aérea y raíz, se homogenizaron mediante el molinado de las mismas. Posteriormente, se peso 0,1 g de cada una de las partes en una balanza analítica (Sartorius BP121S) y que fueron sometidas a un proceso de digestión con HNO₃, HCl (3:1) por 30 min. Los niveles de los metales se determinaron por Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama aire–acetileno en el equipo BuckScientific 210 VGP, según procedimiento establecido y validado en el Laboratorio de Análisis Ambiental ⁽¹⁰⁾.

En el análisis de los datos experimentales se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS Plus para Windows 5.1. Se realizó la prueba de ANOVA simple para lo cual se estableció un nivel de significación de 0,05 para un 95 % de intervalo de confianza. Se aplicó las dúcimas de comparación por Duncan para determinar entre cuáles niveles se estableció la diferencia significativa y para aquellos valores medios que presentaron diferencias significativas, les fueron asignadas letras distintas.

En el caso del estudio de las muestras de suelo, el procesamiento estadístico de los datos consistió en el cálculo de los intervalos de confianza de las medias por tratamientos de las variables evaluadas, para un nivel de confianza del 95 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de metales pesados en el suelo

Los resultados del análisis de las muestras de suelo, en las áreas agrícolas aledañas al vertimiento de los residuales de la antigua Empresa Cerámica Blanca “Adalberto Vidal”

en el municipio San José de las Lajas mostró que las concentraciones de los metales pesados evaluados (Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb y Fe) fueron superiores a la determinada en el suelo patrón (Tabla 1); con la excepción del Co, donde la diferencia es de cinco unidades y del Fe, 1,41 unidades porcentuales, ya que para este elemento se hace referencia al por ciento de su cantidad en la muestra, porque fue seleccionado como metal de referencia para el estudio; poco influenciado por fuentes antropogénicas, debido a los altos niveles naturales de este elemento en la corteza terrestre ⁽¹¹⁻¹³⁾.

Tabla 1. Concentración de metales pesados (mg kg⁻¹) en el suelo que recibe los residuales de la Empresa Cerámica Blanca “Adalberto Vidal” en el municipio de San José de las Lajas

Muestras	Cr ± std	Co ± std	Ni ± std	Cu ± std	Zn ± std	Pb ± std	Fe(%)± std
Patrón	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 de las Normas Holandesas ⁽¹¹⁾

b- Límite Superior Permisible en suelos ⁽¹²⁾

c- Valores reportados para la Corteza Terrestre ⁽¹²⁾

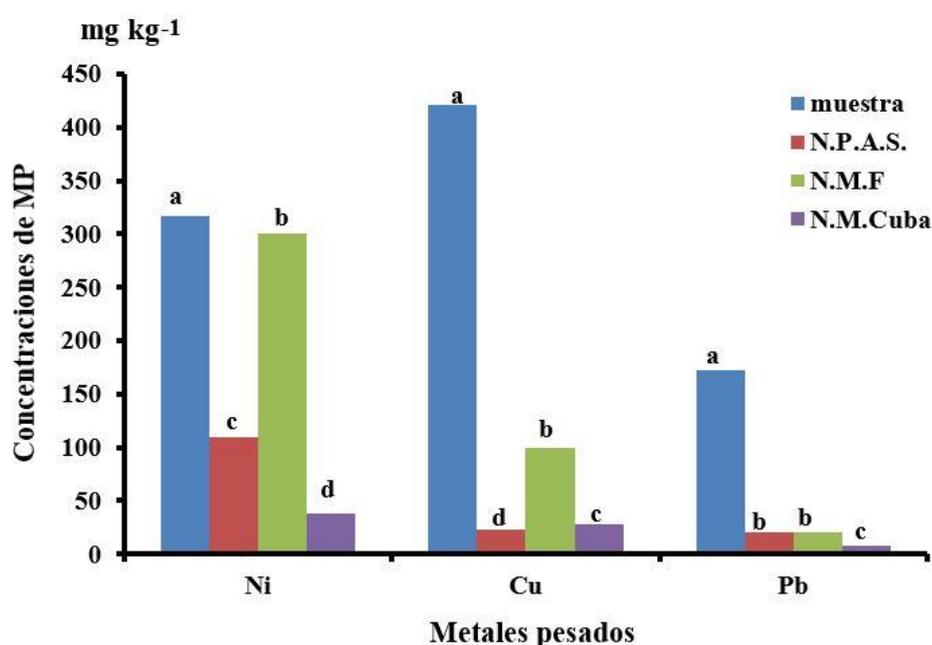
Los valores de concentración de metales pesados del suelo contaminado son superiores a los valores de referencia y en el caso del níquel y el cobre, el valor supera al límite de intervención de dichas normas, lo cual clasifica a dicho suelo como medianamente contaminado en Cr, Co, Zn y Pb y con necesidad de remediación urgente, debido a las concentraciones de Ni y Cu. A su vez estos valores, a excepción del cobalto son superiores a los reportados para la corteza terrestre y los propuestos como Límites Superiores Admisibles ⁽¹²⁾.

Para el resto de los elementos analizados el orden decreciente que sigue en aportes de contaminación es Zn, Ni, Pb, Cu y C, con valores de 298, 233, 83, 57 y 36 unidades de diferencias respectivamente entre el suelo contaminado y el suelo patrón, lo que equivale a un porcentaje de 99,33 % para el Zn y 310,66 % para el Ni por encima del límite superior permisible, que son los que mayor aporte realizan ⁽¹²⁾.

Estos resultados están relacionados directamente con los desechos provenientes de la Empresa Cerámica Blanca “Adalberto Vidal”, que tiene entre sus materias todo tipo de arcillas y caolines, procedentes de distintas provincias del país: Pinar del Río (Club de Cazadores), Las Tunas (Dumañuelos), Isla de la juventud (Santa Elena),

así como feldspatos procedentes de Sancti Spíritus (Pico tuerto), además, otros muchos óxidos resistentes a altas temperaturas, como el corindón (Al_2O_3), óxido de circonio (ZrO_2) o carburo de silicio (SiC) y compuestos orgánicos como el azul de metileno; arcillas que contienen metales pesados en forma de óxidos como por ejemplo: Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Aluminio (Al), Silicio (Si), Bario (Ba), Titanio (Ti), Circonio (Zr), y Cinc (Zn), entre otros elementos como Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Sodio (Na) (1,7,10).

Los metales de mayor concentración en el suelo según los cálculos son Ni, Cu y Pb (Figura 2); se puede apreciar que estos elementos se encuentran en concentraciones superiores a los requeridos por estos niveles establecidos, obteniéndose diferencias estadísticamente significativas respecto a los tres valores con los que se compara.



Letras desiguales difieren significativamente, según Duncan para valores con un 95 % de confianza

Figura 2. Concentración de Ni, Cu y Pb comparados con los niveles medios aceptables para la producción de alimentos sanos y niveles fitotóxicos

Las concentraciones de estos elementos (Ni, Cu y Pb) son superiores a los reportados para la media de los suelos agrícolas cubanos ⁽¹²⁻¹⁶⁾. Al comparar la concentración de estos metales (Ni, Cu y Pb) con los niveles permisibles para alimentos sanos (N.P.A.S), niveles medios fitotóxicos (N.M.F) y niveles en suelos agrícolas cubanos (N.S.A, Cuba).

Todos estos resultados tienen una influencia química-biológica sobre los cultivos que se producen en estas áreas, ya que como se puede comprobar los valores con que se comparan están relacionados con la inocuidad de los alimentos, propiedad que toma interés en la seguridad alimentaria local ⁽¹⁶⁾. Además, ratificar la importancia de estos

estudios, porque los elementos químicos que se estudian en su mayoría son micronutrientes esenciales para el crecimiento y el desarrollo de las plantas^(13,15). Es por ello que el productor aprecia un crecimiento y desarrollo de las plantas, que no muestra síntomas de deficiencia nutricional.

Concentración de metales pesados en el cultivo de Lechuga

Al analizar los valores de concentración obtenidos en las muestras de lechuga, en relación con algunos niveles permisibles, se puede comprobar que el cultivo es capaz de extraer varios elementos tóxicos (Fe, Co, Zn, Mn, Cu, Ni, Pb), superando en todos los niveles de concentración suficiente o normal en plantas (S)^(4,7,12) e igualmente supera las concentraciones excesivas o tóxicas (E) para todos los metales evaluados, excepto para Mn y Pb (Tabla 2).

Tabla 2. Concentración de metales pesados (mg kg⁻¹ de MS) en el cultivo de lechuga y su valor del coeficiente de transferencia

Muestras	Fe	Co	Zn	Mn	Cu	Ni	Pb
	mg kg ⁻¹ de MS						
Hojas	974	28	800	114	176	124	174
Raíces	1 098	25	1 145	47	321	93	153
Tallos	4 720	30	637	243	320	160	133
Límites permisibles en plantas	S -- T -- E --	-- -- 1	30 50 100	30 300 1 000	5 5-20 20-100	0,1-5 10 10-100	-- 10 30-300
Coeficiente de transferencia	5,19	2,32	1,26	7,6	1,55	2,94	2,01

(S) Niveles de concentración suficiente o normal en plantas, (T) Niveles tolerables en cultivos agrícolas, (E) Concentraciones excesivas o tóxicas

Existe una elevada acumulación de Fe, Zn y Cu en las raíces, tallos y hojas, con mayor presencia en el Fe y el Zn, que son elementos considerados como tóxicos para los cultivos agrícolas⁽¹⁷⁾. Para el cultivo de la lechuga no resulta perjudicial, pues posee mecanismos fisiológicos que le permiten tomarlos rápidamente y acumularlos en sus partes aéreas, posibilitando que sobreviva en las condiciones de estrés metálico donde se desarrolla la planta^(18,19). Por lo tanto, representa un modelo de cultivo económico de referencia para estudiar mecanismos de acumulación de metales, así como los mecanismos de

fitoextracción que utiliza la Fitorremediación, como método para remediar áreas vulnerables a la contaminación por metales pesados ⁽¹⁸⁾.

En el caso del coeficiente de transferencia calculado (Tabla 2) se observó cómo para todos los elementos evaluados la translocación es desde la parte radical hacia la parte aérea, lo cual corrobora el riesgo de cultivarlo en condiciones de contaminación ⁽¹⁹⁾, pues se incumple con la inocuidad de los alimentos ⁽¹⁸⁾. Estas condiciones de contaminación por metales pesados en los suelos no deben permitirse para el cultivo de especies agrícolas con fines alimentarios ^(20,21), ya que en el caso de la lechuga hay una gran acumulación de estos elementos muy elevados en las hojas, que es precisamente su órgano de consumo, además de forma fresca y está clasificada según la literatura, como bioacumuladora y bioindicadora, de metales pesados ⁽²²⁾.

CONCLUSIONES

- Los suelos aledaños al vertimiento de la Empresa Cerámica Blanca, en el municipio San José de las Lajas, están medianamente contaminados por los contenidos de Cr, Co, Zn y Pb y con necesidad de remediación urgente, debido a las concentraciones de Ni y Cu, lo que demuestra que son áreas no aptas para uso agrícola.
- Los valores de los metales pesados en suelo con mayor concentración de Ni, Cu y Pb, superan los niveles permisibles para alimentos sanos, los niveles medios fitotóxicos y los niveles en suelos agrícolas cubanos.
- El cultivo de lechuga, obtenido en condiciones de contaminación por metales pesados, se muestra como acumulador de los metales Fe, Co, Zn, Mn, Cu, Ni, Pb, superando en todos los niveles de concentración suficiente o normal en plantas.
- El coeficiente de transferencia calculado para el cultivo de lechuga, indica que todos los metales estudiados se translocan desde la raíz hacia la parte aérea del vegetal, siendo superiores en orden para el caso del Mn, Fe, Ni, Co, Pb.

RECOMENDACIONES

Continuar los estudios fisiológicos-bioquímicos de las especies que se cultivan en otras áreas aledañas al vertimiento de los residuales de la Empresa Cerámica Blanca en el municipio San José de las Lajas, para comprobar su nivel de toxicidad, de forma que se alerte sobre el peligro para la seguridad alimentaria de la localidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Santos OAA, Grana ALS, Carmenate RV, Goicochea CAB. Contaminación con metales pesados alrededor de la Empresa de Cerámica Blanca “Adalberto Vidal”, San José de las Lajas. Percepción del riesgo. *Revista de Gestión del Conocimiento y el Desarrollo Local* [Internet]. 2015;2(1):62–7. Available from: <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/RGCDL/article/view/763>
2. Olivares Rieumont 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* [Internet]. 2013;29(4):285–94. Available from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v29n4/v29n4a6.pdf>
3. Alonso-Bravo JN, Montaña-Arias NM, Santoyo-Pizano G, Márquez-Benavides L, Saucedo-Martínez BC, Sánchez-Yáñez JM. Biorecuperación y fitorremediación de suelo impactado por aceite residual automotriz. *Journal of the Selva Andina Research Society* [Internet]. 2018 [cited 31/08/2021];9(1):45–51. Available from: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2072-92942018000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
4. Delince W, Valdés Carmenate R, López Morgado O, Guridi Izquierdo F, Balbín Arias MI. Riesgo agroambiental por metales pesados en suelos con Cultivares de *Oryza sativa* L y *Solanum tuberosum* L. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* [Internet]. 2015;24(1):44–50. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000100006
5. Santana Báez S, Mendoza Martín M, Quevedo Villegas MC, Gutiérrez Disla EJ, Santana Báez S, Mendoza Martín M, et al. Revisión Sistemática sobre los efectos tóxicos de las nanopartículas metálicas en la salud de los trabajadores. *Medicina y Seguridad del Trabajo* [Internet]. 2018 [cited 31/08/2021];64(252):295–311. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0465-546X2018000300295&lng=es&nrm=iso&tlng=es
6. Puello Silva J, León Méndez G, Gómez Marrugo D, Muñoz Monroy H, Blanco Herrera L, Puello Silva J, et al. Determinación de metales pesados en humos metálicos presentes en ambientes informales de trabajo dedicados a la soldadura. *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas* [Internet]. 2018 [cited 31/08/2021];47(1):14–25. doi:10.15446/rcciquifa.v47n1.70653

7. Guzmán-Morales AR, Paz OC-L, Valdés-Carmenate R. Efectos de la contaminación por metales pesados en un suelo con uso agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* [Internet]. 2019;28(1). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542019000100004
8. Malpeli A. Contribución de la dieta a la exposición al plomo de niños de 1 a 7 años en La Plata. *Encuentro de Centros Propios y Asociados de la CIC* [Internet]. 2018;1. Available from: <https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/8689>
9. Yoko Y, Akiko H, Kenji M, Manabu M, Izumi N. High-Sensitive Determination of Inorganic Elements in Spinach Leaves by X-Ray Fluorescence Analysis and Its Application to Identification of Their Production Area. *Bunseki Kagaku*. 2007 [cited 31/08/2021];56(12):1053–61. Available from: https://jglobal.jst.go.jp/en/detail?JGLOBAL_ID=200902263363794095
10. Carmenate RV, la Paz OC, Arias MIB, Izquierdo FG, Morales ARG, Pérez MAM, et al. Fitogestión (FITOG-MP): tecnología para recuperar áreas contaminadas con metales pesados. *Anuario Ciencia en la UNAH* [Internet]. 2018;15(1). Available from: <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/ACUNAH/article/view/951/1339>
11. Swartjes FA, Rutgers M, Lijzen JPA, Janssen PJCM, Otte PF, Wintersen A, et al. State of the art of contaminated site management in The Netherlands: Policy framework and risk assessment tools. *Science of The Total Environment* [Internet]. 2012 [cited 31/08/2021];427–428:1–10. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.02.078
12. Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Soils and Plants* [Internet]. Fourth Edition. 2010 [cited 31/08/2021]. 548 p. Available from: <https://www.routledge.com/Trace-Elements-in-Soils-and-Plants/Kabata-Pendias/p/book/9781420093681>
13. Muñiz O, Rodríguez M, Montero A, Miranda BC, De Aguiar AM, Araujo C. Criterios de calidad de los suelos cubanos en relación a metales pesados. 2014:6. Available from: <https://xdoc.mx/preview/criterios-de-calidad-de-los-suelos-cubanos-en-relacion-a-metales-5ddc35ef3f621>
14. Bernardis AC. Algunas propiedades químicas de dos especies vegetales forrajeras para establecer su origen geográfico. 2018 [cited 31/08/2021]; Available from: <http://repositorio.unne.edu.ar/xmlui/handle/123456789/1562>
15. Youssef MA, Abd El-Gawad AM. Accumulation and translocation of heavy metals in eggplant (*Solanum melongena* L.) grown in a contaminated soil. *J. Energy Environ. Chem. Eng* [Internet]. 2018;3:9–18. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Youssef-15/publication/330318934_Accumulation_and_Translocation_of_Heavy_Metals_i

- n_Eggplant_Solanum_melongena_L_Grown_in_a_Contaminated_Soil/links/5daf96e14585155e27f7dd2e/Accumulation-and-Translocation-of-Heavy-Metals-in-Eggplant-Solanum-melongena-L-Grown-in-a-Contaminated-Soil.pdf
16. MINISTERIO DE JUSTICIA. Decreto Ley 9/2020 Inocuidad de los Alimentaria (GOC-2020-675-076) [Internet]. 2020. [cited 31/08/2021]. Available from: <https://www.gacetaoficial.gob.cu/sites/default/files/goc-2020-o76.pdf>
 17. Del Rio MN, Fu J, Euqué O. Riesgos y peligros relacionados con la inocuidad de los alimentos. Minal Cuba en Calidad y Tecnología [Internet]. 2016 [cited 31/08/2021]; Available from: <https://minalcuba.cubava.cu/2016/11/23/riesgos-y-peligros-relacionados-con-la-inocuidad-de-los-alimentos/>
 18. Lama Segura ER. Fitoextracción de plomo en suelos de tres parques por el girasol (*Helianthus annuus*) inoculado con el hongo micorrízico *Glomus intraradices*. 2018; Available from: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3499/Lama-Segura-Eduardo-Rodolfo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 19. Lopes NDR, Cheng Y, Shi W. Management of Soil Contaminants in Guinea-Bissau. International Journal of Environmental Monitoring and Analysis. [Internet]. 2018; 6(1):39-26 Available from: https://www.researchgate.net/profile/Namir_Lopes/publication/330287942_Management_of_Soil_Contaminants_in_Guinea_-_Bissau/links/60d7fa1f299bf1ea9ec3b0a2/Management-of-Soil-Contaminants-in-Guinea-Bissau.pdf
 20. Siddiqa A, Faisal M. Heavy metals: source, toxicity mechanisms, health effects, nanotoxicology and their bioremediation. In: Contaminants in Agriculture. Springer [Internet]. 2020;117–41. Available from: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cS3fDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA116&dq=Heavy+Metals:+Source,+Toxicity+Mechanisms,+Health+Effects,+Nanotoxicology+and+Their+Bioremediation&ots=fhLsKJSimP&sig=WC5EBGnZpxHlaJV_Bw6YmVvjyAg#v=onepage&q=Heavy%20Metals%3A%20Source%2C%20Toxicity%20Mechanisms%2C%20Health%20Effects%2C%20Nanotoxicology%20and%20Their%20Bioremediation&f=false
 21. Oficina Nacional de Normalización (NC). Contaminantes metálicos en alimentos-Regulaciones sanitarias. Tercera Edición. [Internet]. NC 493: 2015. p. 9. Available

from: [https://sistemas.mre.gov.br/kitweb/datafiles/Havana/pt-br/file/NC%20493%202015%20Contaminantes%20metalicos\(1\).pdf](https://sistemas.mre.gov.br/kitweb/datafiles/Havana/pt-br/file/NC%20493%202015%20Contaminantes%20metalicos(1).pdf)

22. González Oliva L, Ferro Díaz J, Rodríguez Cala D, Berazaín R. Métodos de inventario de plantas. In: Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones [Internet]. 2017 [cited 31/08/2021]. p. 68–93. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Mancina/publication/321156956_Diversidad_biologica_de_Cuba_metodos_de_inventario_monitoreo_y_colecciones_biologicas/links/5a178b604585155c26a789e4/Diversidad-biologica-de-Cuba-metodos-de-inventario-monitoreo-y-colecciones-biologicas.pdf