



CONTENIDO DE METALES PESADOS EN SUSTRATOS OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUALES PARA SU USO EN LA AGRICULTURA

HEAVY METAL CONTENT IN SUBSTRATES OBTAINED FROM WASTE FOR AGRICULTURE USE

ALIESKI MERIÑO MAYNÉ¹, ENIO UTRIA BORGE²

¹Centro de Desarrollo de la Montaña. Guantánamo. Cuba. E-mail: aliesky@cdm.gtmo.inf.cu

²Facultad Agroforestal de Montaña. Universidad de Guantánamo. Cuba. E-mail: utria@cug.gtmo.cu

Palabras claves: Resumen

metales pesados Contaminación residuos salud humana La presencia de metales pesados y su acumulación en suelos agrícolas constituye un riesgo para la vida de los organismos y la salud humana. Los metales pesados están disponibles para las plantas en el suelo, estos pueden migrar y ser absorbidos por las raíces de las plantas así como en los frutos. La utilización de los residuales son la solución mas aceptada para reducir los daños que la disposición inadecuada de estos residuos pueden ocasionar al medioambiente. Estos en los suelos tiene algunas desventajas potenciales, como son: la presencia de metales pesados, entre otras. Debido a estas limitantes en este trabajo se propone como objetivo: "estudiar los metales pesados en sustratos obtenidos a partir de residuales para su uso en la agricultura". Los estudios se desarrollaron en áreas de la finca de la Universidad, se localiza en el municipio El Salvador de la provincia. Apoyado de los laboratorios de química de ambas entidades. Como resultado de este trabajo se obtuvo que, la disponibilidad de los metales pesados existentes en los sustratos estudiados no superan los límites máximos permisibles, establecidos por la legislación Española (Cd<10, Cr<400, Ni<120, Pb<300, Cu<450, Zn<1100 y Hg<7), los contenidos de los metales pesados Hg, Cd, Zn y Cu están por debajo del nivel máximo permisible, mientras que las concentraciones de Ni, Pb y Cr superan estos valores en algunos abonos orgánicos. Según los resultados de los estudio los metales pesados determinado en los sustratos pueden ser utilizados en la agricultura.

Keywords: Abstract

heavy metals health waste human health The presence of heavy metals and their accumulation in agricultural soils constitutes a risk for the life of organisms and human health. Heavy metals are available to plants in the soil, they can migrate and be absorbed by plant roots as well as fruits. The use of residuals is the most accepted solution to reduce the damage that the inadequate disposal of these residues can cause to the environment. These in soils have some potential disadvantages, such as: the presence of heavy metals, among others. Due to these limitations, this work proposes as an objective: "to study heavy metals in substrates obtained from residuals for use in agriculture". The studies were developed in areas of the University farm, located in the El Salvador municipality of the province. Supported by the chemistry laboratories of both entities. As a result of this work, it was obtained that: the availability of existing heavy metals in the studied substrates do not exceed the maximum permissible limits established by Spanish legislation (Cd<10, Cr<400, Ni<120, Pb<300, Cu<450, Zn<1100 and Hg<7), the contents of heavy metals Hg, Cd, Zn and Cu are below the maximum permissible level, while the concentrations of Ni, Pb and Cr exceed these values in some organic fertilizers. According to the results of the studies, the heavy metals determined in the substrates can be used in agriculture.

Introducción

Los metales pesados son aquellos elementos químicos cuya densidad es mayor a 5 g/ml y son abundantes en la naturaleza.

Los metales pesados por su elevada toxicidad, el impacto causado en salud por exposición prolongada o por bio-

acumulación de metales pesados resulta alarmante. Dependiendo del tipo de metal o metaloide, se producen afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta desarrollos cancerígenos (Combariza, 2009; Nava-Ruiz & Méndez Armenta 2011). A nivel global, se han reportado casos que dan cuenta de las afecciones en la salud por causa del consumo de alimentos contaminados por metales pesados.

Recibido: 20 de junio de 2022

Aceptado: 21 de septiembre de 2022

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License CCBY-NC (4.0) internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Estudios recientes reportan la presencia de metales pesados y metaloides tales como mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr) en hortalizas tales como la lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa (Singh, 2010; Chen, 2013).

De igual manera, se han encontrado metales en diferentes concentraciones en peces, carnes y leche resultado de la bioacumulación y movilidad desde el ambiente a las fuentes hídricas (Singh, 2010; Li *et al.*, 2015).

A nivel global, se han reportado casos que dan cuenta de las afecciones en la salud por causa del consumo de alimentos contaminados por metales pesados. Un caso relevante ocurrió en Japón en la década de los cincuenta, en donde la población ubicada en las riberas del río Jintsu, aguas abajo de una zona minera de zinc (Zn), plomo (Pb) y cobre (Cu), se vio afectada por el consumo de arroz proveniente de cultivos contaminados con cadmio (Cd) procedente de los vertimientos de las minas. Esta ingesta produjo una enfermedad conocida como Itai-Itai o osteoartritis la cual afecta principalmente el tejido óseo (Infante, *et al.*, 2010).

De otra parte, en la población infantil de Torreón, Coahuila ubicada en Norte-centro de México se han reportado casos por envenenamiento principalmente por plomo (Pb) proveniente de actividades industriales que incorporan este metal a la cadena alimenticia y al agua (Valdés, 1999).

La contaminación del agua por metales pesados ocasionada por vía antrópica y natural, está afectando drásticamente la seguridad alimentaria y salud pública (Huang, 2014). Estudios recientes reportan la presencia de metales pesados y metaloides tales como mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr) en hortalizas tales como la lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa (Singh, 2010; Chen, 2013).

Dentro de las alternativas para la gestión de residuos, el compostaje es la más adecuada; ya que permite además, el aprovechamiento del producto final de este proceso (Boulter, 2021). Dicho proceso degradativo tiene una duración variable, dado por la calidad de los residuos, el tamaño de las partículas, disposición de la pila, aireación, humedad y población biológica activa.

El período de transformación de estos residuos para su posterior utilización con sustratos en la agricultura es aproximadamente de 170 días e implica la acumulación de gran cantidad de material en las plantas de compostaje (Boulter, 2021), fenómeno que a limitado la introducción de los residuos urbanos en la agricultura.

En el caso específico de la provincia de Guantánamo, Cuba, existe una Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos y seis Centros para el Manejo Agroecológico de Residuos Urbanos, los cuales generan cientos de toneladas de residuos orgánicos biodegradables cada día que son

acumulados en sitios de descarga para proceder a diferentes procesos de degradación (Mejía, 2017).

La utilización de estos residuos en la elaboración de compost para la Agricultura Urbana podría representar una opción adecuada para prevenir su acumulación y por ende el daño que provoca con los altos contenidos de metales pesados que si sobrepasan los límites permisibles provocan graves daños a la salud humana, por lo tanto es primordial su caracterización química y microbiológica antes de ser aplicados en los sistemas de producciones agrícolas, debido a la presencia de microorganismos patógenos y metales pesados que éstos pueden contener (Guzmán, 2021).

La presente investigación se propone como objetivo: “estudiar los metales pesados en sustratos obtenidos a partir de residuales para su uso en la agricultura.

Materiales y métodos

Condiciones generales de la experimentación.

El estudio se desarrolló en el periodo comprendido enero - diciembre 2021 en colaboración Centro de Desarrollo de la Montaña- Universidad de Guantánamo. Fue necesario trasladar todo los residuales para un área seleccionada dentro de la finca de la Universidad ubicada dentro del área perimetral. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de química de la Universidad de Guantánamo.

Las muestras fueron tomadas de los sitios que aparecen a continuación.

Los **Residuos sólidos Urbanos** procedieron del Centro Ecológico de Procesamiento de Residuos Urbanos (CEPRU) “Isleta”, ubicado en el lado sur del municipio Guantánamo, Cuba. La procedencia de estos RSU es fundamentalmente de origen doméstica, con aportes estimados de una población de 33 596 habitantes. Estos residuos antes de compostar son clasificados manualmente, donde son despojados de los residuos no biodegradables o de difícil degradación. La descarga diaria promedio de estos residuos por esta población se calcula en un número superior a los 70 m³.

Los **Biosólidos de Aguas Residuales municipales** utilizados procedieron de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) “Quibú” del Municipio Marianao, de la Ciudad de la Habana. Los mismos fueron obtenidos mediante un proceso de digestión anaeróbica y su producción varía de 617 - 778 toneladas anuales. Su procedencia es fundamentalmente de origen residencial, con aportes de una población estimada de 120 000 habitantes.

Los **Residuos de la Agroindustria Cafetalera** (pulpa de café) procedieron de la despulpadora de café, situada en áreas de la Empresa Agroforestal “Coronel Arturo Lince González”, en la localidad de Sabaneta, del municipio “El Salvador”, provincia Guantánamo, la misma se encuentra ubicada en el kilómetro 44 de la carretera que comunica al

municipio Guantánamo con el de Sagua de Tánamo, de la provincia Holguín.

Para la elaboración de los compost se tuvo en cuenta la metodología publicada en el manual [Hernández, 2001](#). Para esto se conformaron pilas con dimensiones aproximadas de: 10 m de largo, 1,20 m de ancho y 1 m de alto.

En esta fase de la experimentación se evaluó el tiempo de maduración de las pilas (en días), mediante el monitoreo de la temperatura hasta lograr la estabilización de la misma a valores que oscilaban alrededor de la temperatura media ambiental.

Análisis de las propiedades químicas que con mayor frecuencia se evalúan en trabajos de interés agronómicos cuando se trabaja con abonos orgánicos.

Para la determinación de los contenidos totales de Ca, Na, Mg, P, y K de los abonos orgánicos, se realizó una digestión con una mezcla de *ácido sulfúrico* (H_2SO_4) y *selenio* (Se), según el método Kjeldahl y en el extracto se determinaron los contenidos de Ca, Na y Mg por volumetría, mediante valoración con EDTA, el P por el método colorimétrico, mediante el desarrollo del color azul del complejo molibdofosfórico a longitud de onda de 660 nm y el K por fotometría de llama, comparado con la emisión producida por las soluciones patrones.

Análisis de la concentración de metales pesados (MP) en los compost de residuos orgánicos, las proporciones suelo: abonos orgánicos y los órganos vegetales.

Los elementos metálicos evaluados fueron: Aluminio (Al), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Mercurio (Hg), Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Plomo (Pb), zinc (Zn) y Cadmio (Cd).

Para los análisis de la concentración total de metales pesados en el suelo, los sustratos elaborados a partir de las proporciones suelo: abono orgánico, se tomaron cuatro muestras por tratamiento y las determinaciones se realizaron mediante espectrometría de Absorción Atómica, utilizando un espectrómetro modelo SOLAR 929, con previa digestión con una mezcla de ácidos (agua regia): ácido nítrico (HNO_3); ácido clorhídrico (HCl), en una proporción volumen: volumen (1:3). Los resultados fueron expresados en porcentajes (%) para los metales que se encontraron en mayor concentración en el sustrato.

Resultados y discusión

Análisis de la concentración de metales pesados (MP) de los compost.

Al hacer un análisis de los metales evaluados en los compost elaborados ([Tabla 1](#)) se observó que de forma general los elementos se encontraron en un orden

decreciente $Fe > Al > Zn > Mn > Cu > Pb > Cr > Ni > Co > Cd > Hg$. El mayor contenido de Fe y Al evidencia que el origen de estos residuos es fundamentalmente doméstico.

En la [tabla](#) se observa que el contenido de Al fue mayor en el compost de BAR: CAR y de RAC: BAR.

La mayor concentración de Co correspondió para el compost de RSU, aunque se aceptan los valores encontrados en el Compost RSU: BAR. Por otro lado el menor contenido se detectó en el compost de BAR.

Como se observa la mayor concentración de Cr se encontró en el compost de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), seguido de la encontrada en el compost de Residuos Sólidos Urbano mezclado con el Biosólido fresco (RSU: BARF) aunque son aceptables los valores descritos en el Compost de Residuos Sólidos Urbanos mezclado con Biosólidos de Aguas Residuales (RSU:BAR).

Al evaluar el contenido de Cu se observó que las concentraciones encontradas en el compost de BAR, el de RSU: BAR, en el BARF y el abono orgánico elaborado a partir de la mezcla de RSU con BARF superaron a las encontradas en el compost de RAC. Los restantes abonos orgánicos manifestaron valores inferiores a los antes citados.

Al evaluar el contenido de Fe se pudo observar que la mayor concentración de este elemento se encontró en el compost de RSU, Compost de RSU: BAR, en el compost RSU: BAR: RAC y en el compost RSU: BARF.

En cuanto al contenido de Hg, la mayor concentración fue detectada en el compost elaborado por la combinación de Residuos Sólidos Urbanos: Biosólidos de Aguas Residuales: Residuos de la Agroindustria Cafetalera (RSU: BAR: RAC), seguido del compost elaborado a partir de Residuos de la Agroindustria Cafetalera: Biosólidos de Aguas Residuales frescos (RAC: BARF), así posteriormente se encuentran con valores inferiores a la concentración encontrada en los compost elaborado por la mezcla de Residuos Sólidos Urbanos: Residuos de la Agroindustria Cafetalera y posteriormente mezclado con Biosólidos de Aguas Residuales fresco (RSU: RAC+BARF).

La mayor concentración de Mn fue encontrada en el compost RSU, seguidos de Compost RSU: BAR, Compost RSU: BAR: RAC y Compost de RSU mezclado con el Biosólido de Agua Residuales frescos (BARF) respectivamente.

Al evaluar el contenido de Ni se evidenció la mayor concentración de este elemento en el compost de Residuos Sólidos Urbanos combinado con Residuos de la Agroindustria Cafetalera (RSU: RAC), seguido de la encontrada en el compost de Residuos Sólidos Urbanos. El menor contenido se encontró en el Biosólido de Aguas Residuales fresco (BARF), posteriormente se manifestaron valores menores en el Compost de Residuos de la Agroindustria cafetalera mezclado con el Biosólido de aguas residuales fresco (RAC+BARF) respectivamente.

Tabla 1. Concentración de metales pesados presente en los compost elaborados a partir de suelo y compost de diferentes residuos orgánicos (mg.kg⁻¹, en base seca).

Table 1. Concentration of heavy metals present in compost made from soil and compost from different organic waste (mg.kg⁻¹, on a dry basis).

Tratamientos	Proporciones (1v:1v)	Metales					
		Al	Co	Cr	Cu	Fe	
Compost	RSU	17202,5±2697,5	17,2±0,4	498,8±36,4	201,0±4,0	33357,5±1157,5	
Compost	BAR	16887,5±1442,5	7,3±2,3	123,6±14,8	220,5±83,5	22082,5±1772,5	
Compost	RAC	19100,0±1915,0	11,4±0,7	170,8±6,1	119,5±6,5	24682,5±1917,5	
Compost	RSU:BAR	14176,5±1568,5	15,6±2,5	325,2±13,1	215,4±2,7	30267,5±1807,5	
Compost	RSU:RAC	19845,0±1595,0	11,2±0,3	116,3±2,9	181,9±0,9	23212,5±1482,5	
Compost	BAR:RAC	23172,5±1042,5	11,1±0,2	152,5±4,3	174,9±6,1	25220,0±260,0	
Compost	RSU:BAR:RAC	19060,0±2315,0	13,6±0,4	304,8±19,9	196,6±3,0	29942,5±1397,5	
Compost	RSU+BARF	15550,0±545,0	13,5±0,4	379,1±44,0	232,3±30,4	30982,5±507,5	
Compost	RAC+BARF	22585,0±540,0	9,9±0,0	119,1±1,7	199,7±10,7	24577,5±87,5	
Compost	RSU:RAC+BARF	14837,5±387,5	13,2±1,1	240,5±5,2	179,3±1,05	26065,0±545,0	
BARF		16269,5±255,5	7,5±0,3	99,7±1,4	251,6±1,55	22369,0±46,0	
Niveles máximos permisibles		-	-	400	450	-	
Compost	RSU	1,2±0,1	540,45±6,95	219,6±9,6	397,5±23,5	506,0±12,0	6,1±0,2
Compost	BAR	1,1±0,2	289,55±22,25	61,5±9,0	171,9±12,9	546,0±42,0	3,5±0,4
Compost	RAC	0,1±0,1	372,05±4,95	107,1±3,5	5,0±1,0	120,0±2,0	2,3±0,35
Compost	RSU:BAR	1,2±0,3	447,85±8,05	145,9±14,0	408,3±13,7	661,2±51,0	7,8±0,3
Compost	RSU:RAC	1,2±0,1	333,65±1,95	407,9±35,7	81,8±5,0	447,2±19,2	3,8±0,5
Compost	BAR:CAR	0,9±0,1	359,35±6,85	173,4±2,2	68,1±0,4	421,6±13,9	4,75±0,35
Compost	RSU:BAR:RAC	1,7±0,1	429,65±3,85	135,7±6,7	231,8 ±3,0	489,9±10,0	6,6±0,25
Compost	RSU+BARF	1,2±0,2	434,8±13,1	155,4±5,8	282,6±26,3	609,5±11,3	6,9±0,3
Compost	RAC+BARF	1,7±0,1	310,05±12,75	67,8±2,8	82,6±6,7	482,9±21,5	4,0±0,2
Compost	RSU:RAC+BARF	1,3±0,1	359,7±14,7	117,1±1,0	192,2±2,7	433,0±23,0	4,4±0,4
BARF		<LD	280,6±3,7	47,0±7,0	138,0 ±1,7	745,0±20,7	5,4±0,3
Niveles máximos permisibles		7	-	120	300	1100	10

Leyenda: RSU, Residuos Sólidos Urbanos; RAC, Residuos de la Agroindustria Cafetalera; BAR, Biosólidos de aguas residuales compostado; BARF, Biosólidos de aguas residuales fresco.

El compost de Residuos Sólidos Urbano (RSU) y el compost resultante de la combinación de Residuos Sólidos Urbano y Biosólidos de Aguas Residuales presentaron la mayor concentración de Pb. La menor concentración de este elemento se encontró en el compost de Residuos de la Agroindustria Cafetalera (RAC).

La mayor concentración de Zn fue detectada en el Biosólido de Aguas Residuales fresco (BARF), seguido por la concentración encontrada en el compost de RSU: BAR. La menor concentración se encontró en el compost RAC.

La mayor concentración de Cd se encontró en el compost elaborado con Residuos Sólidos Urbanos: Biosólido de Aguas Residuales (RSU: BAR), así posteriormente se describen con valores los compost de Residuos Sólidos Urbanos mezclado con Biosólido de aguas residuales frescos (RSU+BARF). La Menor concentración se encontró en el compost de Residuos de la Agroindustria Cafetalera (RAC).

Teniendo en cuenta el análisis realizado, en este trabajo se limita a hacer comparaciones con otros resultados encontrados en varios trabajos referidos a la temática a

escala internacional, debido a que la composición de los diferentes tipos de Residuos Sólidos Urbanos depende de varios factores, tales como: la época del año, la costumbre de la población, el nivel de industrialización de la zona en estudio, las variaciones de las condiciones climáticas, entre muchos otros factores.

De forma general al comparar los resultados de este trabajo con los límites máximos establecidos por la legislación Española 1998. (Cd<10, Cr<400, Ni<120, Pb<300, Cu<450, Zn<1100 y Hg<7), los contenidos de los metales pesados Hg, Cd, Zn y Cu están por debajo del nivel máximo permisible, mientras que las concentraciones de Ni, Pb y Cr superan estos valores en algunos abonos orgánicos.

En el caso del Cr, los niveles máximos permisibles fueron superados en el compost de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Los niveles máximos del Ni fueron superados en el compost de RSU, en el compost de Residuos de la Agroindustria Cafetalera (RAC), en el compost elaborado a partir de RSU y Biosólidos de Agua Residuales (BAR), en el compost de RSU: RAC, en el compost de BAR: CAR, en el compost de RSU: BAR: RAC y en el compost de RSU: BARF. En el caso de los valores límites de Pb sólo fueron superados en el compost de RSU y el compost elaborado a partir de RSU: BAR. Se destaca que de forma general las mayores concentraciones se encuentran en los Compost que contienen RSU y BAR ó BARF.

Estos resultados demuestran el poder contaminante de estos residuos, aunque una vez aplicado el compost al suelo, la disponibilidad de estos elementos va estar en función del tipo de suelo y de sus características químicas, físicas y físico-químicas y microbiológicas. No obstante, se debe tener en cuenta que estos elementos una vez aplicado al suelo tienen carácter acumulativo y a pesar de que en algunos casos su concentración está por debajo de los límites máximos permisible, en un periodo más o menos largo pudiera cambiar esta condición y alcanzar concentraciones superiores.

Conclusiones

En el trabajo se determinó el contenido de metales pesados (MP) existente en diferentes tipos de compost conformado por diferentes residuos y a su vez analizar el contenido de estos metales para así poder o proceder su uso en la agricultura como una fuente de material vegetal orgánico en la nutrición de las plantas, manteniendo el equilibrio armónico en el Medio Ambiente y así a la salud humana.

Aunque destaca la presencia de elemento que puede dañar la salud humana por lo que cuando vallamos a utilizar algún compost proveniente de residuales del origen que sea para la producción de cultivos agrícola, es necesario proceder a la determinación de metales pesados a nivel de laboratorio.

Bibliografía

- Boulter, M. 2021. Pulpa de café: Coffearabica: como fuente alternativa para la nutrición de las plantas cultivadas.
- Brizuela, J., & Jiménez, Y. (2012). Metodologías aplicadas para el establecimiento de los niveles de referencia para metales pesados en la evaluación de la contaminación en suelos. *Avances en química*, 7(2), 101-109.
- Chen, Y. 2013. Accumulation and health risk of heavy metals in vegetables from harmless and organic vegetable production systems of China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.09.037>
- Combariza Bayona, D. A. (2009). Contaminación por metales pesados en el embalse del Muña y su relación con los niveles en sangre de plomo, mercurio y cadmio y alteraciones de salud en los habitantes del municipio de Sibaté (Cundinamarca) 2007. *Departamento de Toxicología*.
- Guzmán, R. 2021. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio de las plantas cultivadas.
- Hernández, R. (2001). Nutrición mineral de las plantas. *Material didáctico. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela*.
- Infante, C. I. S., Calderón, J. É. R., Torres, É. C., & Álvarez, J. C. D. (2010). Perfil sociodemográfico y epidemiológico de la población expuesta a la contaminación por mercurio, plomo y cadmio, ubicada en la vereda Manuel Sur del municipio de Ricaurte y los barrios Brisas del Bogotá y La Victoria del municipio de Girardot. *Investigación en Enfermería: Imagen y Desarrollo*, 12(2), 93-116.
- Jiménez, A. H., Jiménez, J. M. P., & Infante, D. B. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. D-Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Huang, Z., Pan, X. D., Wu, P. G., Han, J. L., & Chen, Q. (2014). Heavy metals in vegetables and the health risk to population in Zhejiang, China. *Food Control*, 36(1), 248-252.
- Li, N., Kang, Y., Pan, W., Zeng, L., Zhang, Q., & Luo, J. (2015). Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site, South China. *Science of the total environment*, 521, 144-151.
- Mejía, A. 2017. Identificación de Empresas Agroindustriales generadoras de Aguas Residuales y Desechos Sólidos en El Salvador, MAG - MARN, Nueva San Salvador.
- Nava-Ruiz, C., & Méndez-Armenta, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo,

- arsénico y talio). *Archivos de Neurociencias*, 16(3), 140-147.
- Singh, A., Sharma, R. K., Agrawal, M., & Marshall, F. M. (2010). Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. *Tropical ecology*, 51(2), 375-387.
- Valdés Perezgazga, F. & Cabrera Morelos, V.M. 1999. La contaminación por metales pesados en Torreón, Coahuila, México. Texas Center for Policy Studies, Primera ed, p.50. Available at: <http://www.texascenter.org/publications/torreon.pdf>.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Lagos, M. D., & Jimenez, E. E. G. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en Salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: 12+ D*, 16(2), 66-77.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses

Contribución de los autores: **Conceptualización:** Alieski Meriño **Investigación:** A. Meriño y E. Utria **Análisis formal:** A. Meriño y E. Utria. **Redacción-revisión y edición:** A. Meriño y E. Utria **Recursos:** A. Meriño y E. Utria.