

Evaluación de la presencia de metales pesados (Cd, Pb, Ni y Hg) en suelo y material vegetal de la Universidad Tecnológica de Pereira

Evaluation of the presence of heavy metals (Cd, Pb, Ni and Hg) in soil and vegetal material of the Tecnologica de Pereira University.

Autor 1: Alejandra Bueno Penagos Autor 2: Jessica Leandra Villegas Peña Autor 3: Diana Carolina Meza Sepúlveda.

Escuela de Química, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia
penagosaleja@utp.edu.co - jescicavillgas@utp.edu.co – dcmeza@utp.edu.co

Resumen— Los análisis de suelos son una parte fundamental para dar un diagnóstico del estado del mismo, y más cuando este ha sido contaminado debido a actividades humanas. En este proyecto se realizó un análisis de metales pesados (Pb, Ni, Hg y Cd), materia orgánica y pH en suelo dentro de las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira facultad de Bellas Artes, con el fin de determinar si este es un suelo adecuado para la realización de un invernadero de hortalizas para el consumo humano. Se realizó un análisis estadístico para comparar la proximidad de los datos con las referencias bibliográficas. Se encontró que existen pequeñas cantidades de metales como Hg (0,09; 0,04 y 0,02 mg/Kg por cada rejilla) y Cd (0,54; 0,44 y 0,43 mg/Kg por cada rejilla), cumpliendo así con lo establecido en las referencias bibliográficas (1, 1-2 mg/Kg para Hg y Cd respectivamente), además no hubo absorción de estos metales por el material vegetal analizado. Por otra parte el contenido de Ni (108,34; 23,85 y 20,03 mg/Kg por cada rejilla) está dentro de los estándares establecidos, sin embargo el contenido de Pb no es el adecuado para el material vegetal (4,49; 4,43 y 9,58 mg/Kg para cada rejilla), sobrepasando los estándares establecidos por la Unión Europea. El porcentaje de materia orgánica y pH son los adecuados para un suelo con fines agrícolas, aunque, se deben mejorar las condiciones del mismo, garantizando unos parámetros que cumplan con lo establecido por Bowie & Thornton, y la Union Europea. Se puede concluir que el desarrollo del invernadero es posible, siempre y cuando se sigan realizando estudios en el suelo, para detectar con exactitud las zonas en las cuales es posible su uso.

Palabras clave— Suelo, metales pesados, pH, materia orgánica, absorción, estándares, invernadero, hortalizas.

Abstract— Soil analyzes are a fundamental part to give a diagnosis of the state of it, especially when the soil has been contaminated by humans. It has been made an analysis of heavy metals (Pb, Ni, Hg and Cd), organic matter and pH in soil inside the Tecnologica de Pereira University in Bellas Artes, in order to determine if this is a suitable soil for the realization of a greenhouse of vegetables, a statistical analysis was carried out to compare the proximity of the data with the bibliographic references. It was found that there are small amounts of metals such as Hg (0.09, 0.04 and 0.02 mg / Kg for each grid) and Cd (0.54, 0.44 and 0.43 mg / Kg for each grid), fulfilling thus with the established in the bibliographical references (1, 1-2 mg / Kg for Hg and Cd respectively), in addition there was no absorption of these metals by the vegetal material analyzed. On the other hand, the Ni content (108.34; 23.85 and 20.034 mg / kg per grid) is within the established standards, however the Pb content is not adequate for the vegetal material (4.49; 4.43 and 9.58 mg / kg for each grid), exceeding the standards established by the European Union. The percentage of organic matter and pH are adequate for a soil for agricultural purposes, although, the conditions of it must be improved, guaranteeing parameters that comply with the provisions of Bowie & Thornton, and the European Union. It can be concluded that the development of the greenhouse is possible, as long as studies are continued on the ground, to accurately detect the areas in which its use is possible.

Key Word — Soil, heavy metals, pH, organic matter, absorption, standards, greenhouse, vegetables.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del suelo es un problema ambiental que afecta a toda la sociedad en general, y es uno de los inconvenientes más relevantes y preocupantes a abordar. Su estudio y remediación es un reto ambiental a solucionar en los próximos años. Un tipo de contaminación que se presenta en los suelos, es la de metales pesados. La presencia de estos metales en los suelos pueden ser de origen geogénico (roca madre, lixiviación, vulcanismo) o antropogénico (minería, agricultura, industria). [1]

La contaminación por metales pesados debe tener un manejo especial, ya que estos elementos pueden quedar retenidos por procesos de adsorción, de complejación y de precipitación, ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas. También pueden pasar a la atmósfera por volatilización y moverse a las aguas superficiales y subterráneas; y causar impactos negativos en el medio ambiente, la salud humana y animal. [2]

Estos procesos de adsorción de metales por el suelo se ven fuertemente influenciados por diversos parámetros edáficos y en concreto por el pH como se pone de manifiesto en numerosos estudios: En 1984 se comprobó que en general, los suelos con pH más básicos presentaban una adsorción más fuerte para los metales pesados, que en suelos con pH más ácidos. La mayoría de los metales pesados tienden a estar más disponibles a pH ácidos a excepción hecha de arsénico, molibdeno, selenio y cromo, los cuales presentan mayor disponibilidad en suelos de pH alcalino. [3]

El pH es por tanto, un parámetro importante para definir la movilidad de los diferentes componentes minerales, ya que su valor influye directamente en la solubilidad de los cationes. En algunos los fija, disminuyendo su solubilidad aparente, con lo que las plantas no podrán absorberlos y por el contrario, en otros casos favorecerá su movilidad aumentando su solubilidad y haciendo que la concentración de las especies resultantes alcance niveles tóxicos. [4]

Este proyecto tiene como objetivo la evaluación de metales pesados como Cadmio (Cd), mercurio (Hg), níquel (Ni) y plomo (Pb), en suelo y material vegetal de la Universidad Tecnológica de Pereira en la facultad de Bellas Artes, donde tuvo lugar un Botadero a cielo abierto en la década de los 90's (Un botadero a cielo abierto: es un área de disposición final de residuos sólidos sin control, estos son arrojados sobre el suelo o enterrados durante grandes periodos de tiempo, sin tomar en cuenta ningún procedimiento de un sistema de disposición final técnicamente diseñado y operado). En tal lugar se disponía una

parte de los residuos de la ciudad, ya que en esta época existían diversos botaderos de disposición de basuras entre estos el de la universidad Tecnológica y el botadero "La Linda" ubicado en el sector de cuba, dichos botaderos funcionaron desde 1971 hasta la década de los 90's donde fue construido el relleno sanitario "La Glorita" con el objetivo de acabar con los riesgos ambientales generados por los líquidos de lixiviados y gases que generaban inconformidad y rechazo por parte de la comunidad [5].

Dicha evaluación tiene como fin dar un diagnóstico de las condiciones en las que se encuentra el suelo, para posteriormente determinar si se desarrolla en este lugar, un invernadero de hortalizas para consumo humano, pues una alta concentración de metales pesados en alimentos puede desencadenar diversas intoxicaciones, generando daños irreparables en la salud humana y animal, tan graves como efectos teratogénicos, cáncer e incluso la muerte. [6]

II. METODOLOGÍA

Área de estudio: Las muestras de suelo y material vegetal son provenientes de la Universidad Tecnológica de Pereira, en la facultad de Bellas Artes; el terreno estudiado cuenta con un área de 1430 m², sus coordenadas son 4°47'21.7" N y 75°41'27.6" W, su latitud es 4,79, longitud igual a -75,69, una altitud de 1476 m sobre el nivel del mar [7], una temperatura promedio de 20,6 °C y una precipitación de 2441 mm al año [8].

a. Muestreo

El tipo de muestreo empleado es el sistemático o en rejilla que consiste en dividir el campo en áreas iguales, llamadas rejillas, en este caso tres áreas iguales, como colocando una cuadrícula sobre él y se selecciona un punto inicial de muestreo; este punto consiste en un área de 476,32 m² dentro de la cual se toman submuestras de manera aleatoria, que se componen para obtener la primera muestra de análisis (ver figura 1) el proceso se realizó de acuerdo al Muestreo de Suelos para determinación de metales pesados del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) [9].



Figura 1. Muestreo de suelo.

La muestra de material vegetal se tomó de manera superficial y caminando en forma aleatoria obteniendo submuestras de cada rejilla, ver figura 2, abarcando la mayor parte posible del lote [10], las submuestras foliares se representan con los puntos negros.

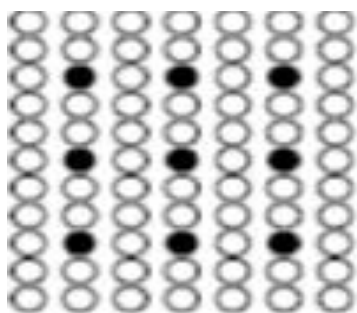


Figura 2. Muestreo de Material Vegetal. [10]

b. Métodos de análisis:

Se realizó un análisis por triplicado de porcentaje de Materia Orgánica (MO) y pH en cada una de las rejillas; pH por potenciómetro y materia orgánica por Walkley y Black siguiendo la metodología tomada del manual de Laboratorio de Suelos CENICAFÉ [11].

Para la cuantificación de los metales Pb, Ni y Cd se realizó digestiones por triplicado en base a la norma EPA 3050b para suelos y la norma mexicana NOM-117-SSA1-1994 que indica la metodología para material vegetal.

Finalmente, para la determinación de Hg se empleó la técnica de absorción atómica de vapor frío; los procedimientos se realizaron de acuerdo con la determinación de metales disponibles en suelos por espectrofotometría atómica del

IDEAM [12] y la norma mexicana NOM-117-SSA1-1994 específica para material vegetal.

c. Análisis estadístico:

Se utilizó el software Statgraphics Centurion XVI.II con el objetivo de estudiar la repetibilidad, la cual consiste en proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando realizadas bajo las mismas condiciones de medición. [13]

A los datos obtenidos se les realizó un estudio comparativo con referencias bibliográficas enfocado en la posibilidad de generar daño en un invernadero.

III. RESULTADOS

Se cuantificó la presencia de algunos metales pesados que se puedan encontrar en el suelo de la facultad de Bellas Artes de la Universidad Tecnológica de Pereira, y se analizó el pH y el porcentaje de materia orgánica que contiene. En la Tabla I se pueden observar los resultados obtenidos para cada análisis y su respectivo valor permisible para suelo y material vegetal.

El mercurio es uno de los metales más contaminantes en el suelo debido a una posible afectación de la cadena trófica por la facilidad de transporte que posee dicho metal en lixiviados y en el aire donde se encuentra como metil-mercurio; generando enfermedades cardiovasculares [14] además, como se menciona en [15] se considera que los compuestos de metilmercurio pueden ser carcinógenos para los seres humanos, por lo tanto, es muy importante conocer la presencia de este en los suelos y en las hortalizas. De acuerdo con los datos observados en la Tabla I los resultados obtenidos en la determinación de mercurio cumplen con los parámetros establecidos y aunque existe una concentración muy pequeña en el suelo, es posible notar que en el material vegetal no hay presencia de éste, lo que indica que no hay transporte desde el suelo hacia la vegetación.

Por otra parte es importante conocer la concentración de Plomo en el suelo y el material vegetal radica en la bioacumulación de la vegetación y en las posibles intoxicaciones que éste puede generar al ser consumido por animales y seres humanos; cabe resaltar que el resultado de dicho metal está directamente relacionado con la cantidad de materia orgánica presente en la muestra, la cual en este caso es favorable para la medición, sin embargo, la materia orgánica reacciona con los metales formando quelatos muy estables y la absorción puede ser tan fuerte que quedan estabilizados generando un exceso en la señal. [16] Como se puede observar en la Tabla I la concentración de plomo en el terreno estudiado cumple con los

límites establecidos y es evidente que en el material vegetal existe transporte de Pb desde el suelo y sobrepasa los límites que expone la comisión europea en el reglamento 2015/1005, donde la concentración máxima de Pb en hortalizas de hoja tipo Brassica, en el cual se incluyen híbridos de malezas de

consumo animal; la concentración máxima es de 0,30 mg/ Kg y para el caso de las hortalizas de Fruto es de 0,10 mg/ Kg [17].

TABLA I. VALORES OBTENIDOS PARA LOS ANÁLISIS REALIZADOS EN SUELO Y MATERIAL VEGETAL, Y REQUERIMIENTOS DE LOS MISMOS PARA USO AGRÍCOLA.

PARÁMETROS ANALIZADOS Y LÍMITES PERMISIBLES						
SUELO						
	%			mg/Kg		
	pH	M.O	Ni	Cd	Pb	Hg
Rejilla 1	6,79± 0,35	2,42± 0,12	108,34± 19,39	0,54±0,04	24,03± 3,25	0,12± 0,06
Rejilla 2	6,95± 0,03	1,93± 0,12	23,85± 3,55	0,44±0,18	24,46± 1,36	0,022±0,005
Rejilla 3	6,89± 0,05	1,79± 0,07	16,44± 2,07	0,43±0,09	28,19± 0,24	0,021±0,008
Límites permisibles**	6-7	*	2-100	1-2	10-150	1
MATERIAL VEGETAL						
Rejilla 1	-	-	4,68± 1,63	<0,0005	3,32± 0,66	<0,0005
Rejilla 2	-	-	3,67± 1,40	<0,0005	4,43± 1,03	<0,0005
Rejilla 3	-	-	4,21± 0,27	<0,0005	9,58± 0,9023	<0,0005
Límites permisibles Hortalizas de Hoja***	-	-	*	0,2	0,3	0,1
Límites permisibles Hortalizas de Fruto***	-	-	*	0,2	0,1	0,1

Fuente propia. Se realizaron los cálculos pertinentes para hacer la conversión de mg/L a mg/Kg

* No se encuentran valores reportados bibliográficamente

** Environmental Geochemistry and Health, Bowie & Thornton, 1985

*** Unión Europea. Marzo 2017

Otro elemento importante que se analizó fue el cadmio, la intoxicación con este metal se ha asociado a varios problemas de salud humana entre los cuales se encuentran: deficiencias renales, enfisema pulmonar, osteoporosis, hipertensión arterial y algunas formas de cáncer como el prostático. La absorción de cadmio por las plantas puede ser facilitada por sustancias ácidas que se producen en la rizósfera. Los exudados radiculares, especialmente los ácidos carboxílicos, incrementan la absorción de cadmio. [18] Como se observa en la Tabla I la concentración de este metal en material vegetal y en suelo se encuentra bajo los límites establecidos, por tanto se puede decir que el suelo analizado no se encuentra contaminado por Cd.

Un metal importante que se analizó fue el Níquel, en el suelo es altamente dependiente de su contenido en el material parental (roca formadora) del mismo. No obstante, la concentración del Ni en su superficie, puede reflejar el impacto

tanto del proceso de formación del suelo como de la contaminación. El Ni es esencial para las plantas superiores, como cofactor de la enzima ureasa y por su efecto en la nodulación de las leguminosas y en la nitrificación y mineralización del N; su exceso en forma disponible a las plantas puede ser toxico de ahí que sea considerado como Metal Pesado (MP). [19] Como se observa en la Tabla I, el valor de Níquel obtenido para el suelo se encuentra por debajo del límite permisible para considerarse un suelo óptimo para los fines a los que se quieren llegar, por otra parte se puede observar en la misma tabla que no hubo mayor transporte de este metal al material vegetal analizado.

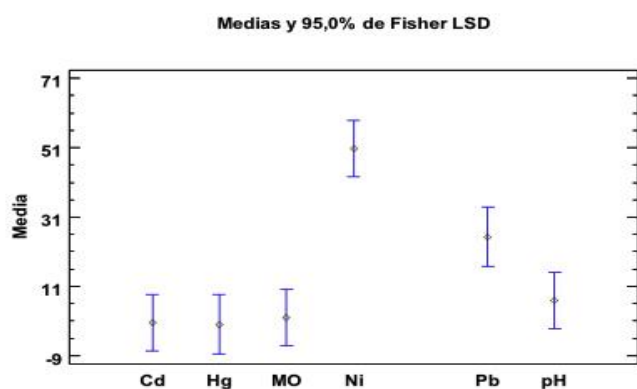


Figura 3. Prueba LSD Fisher.

La prueba de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher ejecutada con el software Statgraphics Centurion XVI.II; evidencia la relación directa que existe entre el porcentaje de MO y el pH con algunos metales como lo son el Cd y el Hg (ver figura 3); puesto que la complejación por la materia orgánica del suelo es uno de los procesos que gobiernan la solubilidad y la bioasimilación de metales pesados. Por otro lado, la adsorción y la solubilidad de los metales pesados están fuertemente condicionadas por el pH, generalmente los metales son móviles a pH bajo, en forma de especies iónicas libres o como compuestos organometálicos solubles mientras a pH alcalinos pueden quedar retenidos en forma de carbonatos o fosfatos minerales insolubles[20]. En suelos ácidos, se produce una competencia de los iones de H^+ con los cationes metálicos por los sitios de intercambio, produciéndose desorción de los metales pesados, aumentando su concentración en la solución suelo y su biodisponibilidad [21], teniendo en cuenta que el pH del suelo para cada rejilla fue de 6,78; 6,94 y 6,88 respectivamente, siendo estos ligeramente neutros, se notó una baja concentración de metales Hg y Cd, cumpliendo con lo establecido por las referencias bibliográficas y la teoría.

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en la cuantificación de Hg (0,09; 0,04 y 0,02 mg/Kg por cada rejilla) y Cd (0,54; 0,44 y 0,43 mg/Kg por cada rejilla) se puede concluir que en el invernadero que se desea construir, el escaso contenido que posee el suelo en estos dos metales, no será absorbido en las

plantas que se deseen sembrar, puesto que no se evidenció la presencia de estos metales en el material vegetal analizado.

También se puede concluir que el contenido de Níquel encontrado para cada rejilla (108,34 – 23,85 y 20,03 mg/Kg) se encuentra dentro de los límites establecidos por Bowie & Thornton, además la absorción de este metal al material vegetal analizado fue de 4,32%; 15,41% y 63,83% por cada rejilla respectivamente.

En cuanto al contenido de plomo, los resultados obtenidos para el suelo se encuentran dentro de lo establecido pues se obtuvieron valores de 24,03; 24,46 y 33,75 mg/Kg para cada rejilla respectivamente, y las referencias bibliográficas establecen un valor máximo de 100 mg/Kg, sin embargo las muestras de material vegetal analizadas presentan unos valores que no cumplen con los límites establecidos (4,49; 4,43 y 9,58 mg/Kg para cada rejilla), teniendo como concentración máxima permitida 0,3 mg/Kg.

Se observó una mayor concentración de metales en la rejilla 1, comparada con las dos rejillas además como se plantea en la Tabla I se puede observar también que el pH de la rejilla 1 (6,79) es ligeramente más ácido que el pH de las otras dos rejillas (6,95; 6,89 respectivamente), evidenciando así nuevamente la influencia del pH en la fijación y absorción de estos metales por las plantas.

RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos para cada parámetro analizado en el suelo y material vegetal, se recomienda un estudio más riguroso de las condiciones en las que se encuentra el suelo, y establecer técnicas enfocadas en las posibilidades de remover Plomo del terreno.

V. REFERENCIAS

- [1] GALÁN HUERTOS, E., & ROMERO BAENA, A: "Contaminación de suelos por metales pesados" Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Universidad de Sevilla, (2008).
- [2] LORA SILVA, R., & BONILLA GUTIERREZ, H: "Remediación de un suelo de la cuenca alta del río Bogotá contaminado con los metales pesados de Cadmio y Cromo". U.D.C.A. Actualidad & divulgación científica, 9. (2010).
- [3] G. GERRISTE R.G., VAN DRIEL, W. "The relationship between adsorption of trace metals, organic matter and pH in temperate soils. J. Environ. Qual". (1984).
- [4] KRISHNAMURTI G.S.R., NAIDU R. "Solid-solution equilibria of cadmium in soils. Geoderma". (2003).
- [5] MARÍA ALEJANDRA SÁENZ BECERRA DANNY, NATALIA VÉLEZ CASTAÑO. Evaluación administrativa de la gestión integral de residuos sólidos en el municipio de Pereira, a partir de la planeación estratégica situacional. caso de estudio: empresa de aseo de Pereira s.a e.s.p, pag 122. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias Ambientales. Administración Ambiental. (2016)
- [6] LONDOÑO FRANCO, L "los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal" (2016).
- [7] Google Maps, extraído de google.com.co. (2018).
- [8] Clima Pereira, Extraído de es.climate-data.org/location/5681. (2018)
- [9] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Muestreo de Suelos para determinación de metales pesados, República de Colombia. (2008).
- [10] Toma de Muestras Foliáres VIDES, Agroalimentaria y Medio Ambiente, Agroconciencia. Tomado de www.agroconciencia.com.ar/fvides.pdf. (2018).
- [11] Manual de laboratorio de Suelos, Cenicafé Manizales. Tomado de biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/803. (2018).
- [12] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Determinación de metales disponibles en suelos por espectrofotometría atómica, República de Colombia (2008).
- [13] Norma técnica Colombiana, Vocabulario de términos básicos y generales en metrología. (1997).
- [14] DRA. MARISA GAIOLI, DR. DIEGO AMOEDO Y BIOQUÍMICO DANIEL GONZÁLEZ. "Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente". Arch. argent. pediatr. vol.110 no.3. Buenos Aires. mayo 2012.
- [15] Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer (International Agency for Research on Cancer, IARC, 1993).
- [16] MANUEL JOSÉ PELÁEZ PELÁEZ, JOHN JAIRO BUSTAMANTE CANO, EYDER DANIEL GÓMEZ LÓPEZ. Presencia de cadmio y plomo en suelos y su bioacumulación en tejidos vegetales en especies de brachiaria en el Magdalena medio colombiano. Luna azul issn 1909-2474. no. 43, julio - diciembre 2016.
- [17] Reglamento 2015/1005 por lo que respecta al contenido máximo de plomo en determinados productos alimenticios. Comisión Europea. Diario Oficial de la Unión Europea. 2015.
- [18] HERRERA MARCANO, T: "Contaminación de suelos agrícolas por Cadmio" [Online]. 2000. Available: saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/view/1112/1040.
- [19] MUNIZ UGARTE, Olegario et al. "El níquel en suelos y plantas de Cuba. *Cultrop*" [online]. 2015. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500003&lng=es&nrm=iso. ISSN 1819-4087.
- [20] MARÍA LARIOS BAYONA. Niveles de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn en los suelos de ribera de la cuenca del río Turia, pag 18,21. Universitat de Lleida, Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat de Barcelona, Universidad Pública de Navarra. Barcelona, 21 de Julio de 2014.
- [21] Alloway, B.J: "Soil process and the behavior of the heavy metals". Blackie Academic and Professional, London. (1995).