

Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari, Departamento del Meta

Heavy metal content in agricultural soil from the Ariari region in the Meta department

Conteúdo de metais pesados em solos agrícolas na região Ariari, Departamento de Meta

Juan D. Mahecha-Pulido¹; Juan M. Trujillo-González^{2}; Marco A. Torres-Mora^{3*}*

¹ Ing. Agrónomo,

² Ing. Agrónomo, MSc,

³ Biólogo, PhD

* Grupo de Investigación en Gestión Ambiental Sostenible -GIGAS-. Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías. Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana. Universidad de los Llanos.
Email: jmtrujillo18@gmail.com

Recibido: marzo 02 de 2015.

Aceptado: junio 11 de 2015.

Resumen

La implementación de tecnologías enfocadas hacia el aumento en los rendimientos de los sistemas agrícolas han generado diversas problemáticas ambientales; así cabe citar, los plagicidas y fertilizantes, ya que son potenciales fuentes de metales pesados. El objetivo de esta investigación fue determinar las concentraciones de metales pesados (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Cr) en suelos tipo Oxisol, sometidos a usos agrícolas intensivos, durante un tiempo superior a 10 años en la región del Ariari. Las concentraciones de los metales obtenidas siguen la siguiente secuencia Zn>Cu>Pb>Cr>Ni, y en ninguno de los casos superan los límites máximos permisibles planteados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos EPA. Así mismo, según los parámetros físico-químicos, es probable que los metales pesados estén movilizándose en la matriz suelo-planta.

Palabras clave: Contaminación de suelos, insumos agrícolas, metales pesados, suelo agrícola

Abstract

Using technologies focused on agricultural systems' increased performance/yield has led to various environmental issues, including pesticide and fertiliser use since these are potential sources of heavy metals. This research was aimed at determining the concentration of heavy metals (i.e. Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Cr) in highly weathered tropical soils (oxisol) subjected to intensive agricultural use over a period of time lasting more than 10 years in the Ariari region. The following sequence gives the concentration of the metals so obtained: Zn>Cu>Pb>Cr>Ni; in no case did this exceed the maximum permissible limits set by the United States' Environmental Protection Agency (EPA). Likewise, it is likely that the heavy metals are mobilising in the soil-plant matrix, according to the physicochemical parameters.

Key words: soil contamination, agricultural supplies, heavy metal, agricultural soil.

Resumo

A incorporação de tecnologias voltadas para o aumento da produtividade dos sistemas agrícolas tem gerado diversos problemas ambientais; e incluem os plagicidas e fertilizantes, uma vez que são potenciais fontes de metais pesados. O objetivo desta pesquisa foi determinar as concentrações de metais pesados (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Cr) em solos tipo Oxisoles submetidos a uso agrícola intensivo, por mais de 10 anos no Ariari. As concentrações de metais são obtidos foram na seguinte sequência de Zn > Cu > Pb > Cr > Ni e, em caso algum dos casos excedem os limites máximos admissíveis estabelecidos pela Environmental Protection Agency EPA dos EUA. Além disso, de acordo com os parâmetros físico-químicos, é provável que os metais pesados são mobilizados na matriz solo-planta.

Palavras-chave: Contaminação do solo, insumos agrícolas, metais pesados, terras agrícolas.

Introducción

Las revoluciones verdes, han sido consideradas como procesos históricos de modernización de la agricultura, debido al cambio radical en las prácticas agrícolas. En efecto, con suplementación se han plantado variedades de cultivo de alto rendimiento, organismos genéticamente modificados (OGM), sistemas de riego, uso de maquinaria agrícola y el uso masivo de fertilizantes de origen químico, de pesticidas (Ceccon, 2008). Esto ha traído entre otras consecuencias la acumulación de elementos tóxicos en el suelo como los metales pesados (Kabata y Pendias, 2004), los cuales pueden generar riesgo de salud pública en la medida que se transfieran a los productos agroalimentarios, especialmente en países en vías de desarrollo donde las medidas de trazabilidad de los productos no son estrictas (Nava y Méndez, 2011).

En este sentido, los sistemas de producción agrícola constituyen una fuente importante no puntual de contaminantes tipo metales pesados, y a su vez facilita la acumulación de éstos en el suelo y/o la transferencia en la cadena suelo - planta - consumidor, principalmente en regiones donde estos procesos se realizan de manera intensiva y sin periodos de descanso ni rotación de cultivos (Kabata y Pendias, 2004). Alloway (2013), identificó que algunos metales pesados están directamente relacionados con fuentes específicas como: fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, Zn), plaguicidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn), compost derivados de residuos sólidos convencionales (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) y del estiércol (Cu, As, Zn). Por su parte Laegreid *et al.* (1999), plantea que los fertilizantes fosforados son una fuente de Cd, debido a los contenidos de apatita, que además de fósforo, contiene Cd en concentraciones entre 8 y 500 mg/kg. Así mismo, las aguas de riego provenientes de sistemas de tratamiento o de fuentes contaminadas aportan metales al suelo.

En Colombia son escasos los estudios realizados sobre metales pesados en suelos agrícolas. Sin embargo, se destaca las investigaciones de Yacomelo (2014) y Roqueme *et al.*, (2014) en los departamentos de Atlántico y Córdoba respectivamente. De igual forma en

el país no existe un marco normativo que regule los contenidos de metales pesados en los suelos (Rueda *et al.*, 2011) y que permitan evaluar la alteración del recurso suelo; por esta razón se utilizan valores generados en otras regiones con condiciones edafoclimáticas similares y/o globales, como los que propuestos la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 1996).

De acuerdo con Micó *et al.*, (2006), la evaluación regional del contenido de metales pesados en suelos agrícolas es determinante para la identificación de áreas con problemas de contaminación. En este sentido la región del Ariari en el departamento del Meta, Colombia y principalmente en el municipio de Fuente de Oro, tiene gran importancia, debido a que el 87% de su territorio está dedicado a la producción agrícola intensiva (Fuente de Oro, 2008; Gobernación del Meta, 2011), la mayoría de los terrenos se cultivan sin descanso, tienen escasa rotación y elevadas tasas de aplicación de fertilizantes y pesticidas (Corpoica, 2003). Con base en lo anterior, se plantea la hipótesis sobre si los suelos del municipio de Fuente de Oro, pueden contener altas concentraciones de metales pesados. En respuesta, se plantea como objetivo de investigación evaluar las concentraciones de metales pesados (Cd, Cr, Ni, Pb, Zn, Cu) en los suelos agrícolas de esta región del Ariari y así generar una información de base que permita formular estudios futuros.

Materiales y métodos

Área de estudio

El presente estudio se realizó en suelos agrícolas de la región agrícola del Ariari, Municipio de Fuente de Oro, Departamento del Meta - Colombia. El municipio se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 3°25' 30" Norte y 73°36' 46" Oeste, con temperatura promedio anual de 26°C y una precipitación anual entre 2800 y 3750 mm, con altura sobre el nivel del mar de 359 metros y una población proyectada para el año 2014 de 13.038 habitantes (DANE, 2010). Los

suelos de la región estudiada corresponden al orden Oxisol (Soil Survey Staff, 2014) y de textura Franca.

Sistema de muestreo

El muestreo se realizó de forma aleatoria simple a partir de la identificación de terrenos con antecedentes de producción agrícola intensiva y con tiempo mayor a diez (10) años sin descanso. Los terrenos seleccionados correspondientes a diez (10) fincas, se obtuvo una (1) muestra de cada uno. En este tipo de muestreo todos los terrenos que cumplieran el requisito tendrían la misma probabilidad de ser seleccionados, de esta manera lo realizó Yacomelo (2014) en su estudio. Las muestras de suelo fueron compuestas y se tomaron en los primeros 30 cm del perfil, debido a que es la zona donde se concentra las raíces y se acumulan los metales pesados de fuentes antrópicas (Mico *et al.*, 2006). Luego se homogenizaron y se llevaron a muestra de 200 gramos para el análisis de laboratorio.

Análisis de laboratorio

La determinación de las concentraciones de los metales pesados (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Cr) se realizó de acuerdo con el método de digestión de ácido nítrico, ácido clorhídrico y peróxido de hidrogeno y espectrofotometría de absorción atómica con llama Aire - Acetileno, EPA 3050B, SM 3111B. El pH se midió con el potenciómetro en relación 1:1 suelo: agua; la materia orgánica se determinó por el método de Walkley-Black; la capacidad de intercambio catiónico se determinó al desplazar el amonio (NH₄) intercam-

biado con NaCl 1 M y con valoración volumétrica; la textura, por el método de Bouyoucos (IGAC, 1990).

Resultados y discusión

Las propiedades físico-químicas y los contenidos de metales pesados para los suelos agrícolas de la vega del río Ariari, municipio de Fuente de Oro, se analizaron con estadística descriptiva y se presentan en la Tabla 1.

Propiedades físico-químicas del suelo

En general el pH de las muestras analizadas se caracteriza por ser ácido en un rango que va de 4,3 a 5,4, de acuerdo con Alloway (2013); estas condiciones de acidez propician la solubilidad de los elementos metálicos y permiten que sean asimilados por las plantas, al igual que reduce la retención que puede generarse en los contenidos en la materia orgánica (Kabata - Pendias, 2004). Por su parte, los contenidos de materia orgánica (MO) presentan una media de 2,7% donde los resultados varían en un rango de 0,8 a 4,3%, resultados que son relativamente bajos, lo que reduce la formación de complejos órgano-metálicos. Estos contenidos de MO y pH bajos son consistentes para suelos de tipo Oxisol, de acuerdo a lo planteado por Sánchez (2010) y Alloway (2013). La capacidad de intercambio catiónico está en la categoría de moderadamente bajo, variando entre 7,9 a 21,6 meq/100g, con una media de 16,3 meq/100g, propiedad que facilita la movilización de los metales en el suelo (Silvera *et al.*, 2003; Naidu y Oliver, 2003).

Tabla 1. Propiedades físico-químicas y contenido de metales pesados en los suelos agrícolas de la región del Ariari, municipio de Fuente de Oro -Meta.

Propiedades	Media	Mínimo	Máximo	SD	CV%
MO%	2,7	0,8	4,3	1	37
pH	4,6	4,3	5,4	0,3	6,5
CICmeq/100g	16,3	7,9	21,6	3,8	23,3
Plomo (Pb) Kg/mg	16,7	12,1	20,9	2,6	15,7
Níquel (Ni) Kg/mg	7,5	1,9	11,5	2,6	34,7
Zinc (Zn) Kg/mg	58,6	0,3	75	21,6	36,9
Cobre (Cu) Kg/mg	17,6	3,1	23,4	5,6	31,8
Cromo (Cr) Kg/mg	11,9	3	16,2	3,5	29,4
Cadmio (Cd) Kg/mg	Nd*	Nd*	Nd*	Nd*	Nd*

* Nd: Valores por debajo del límite de cuantificación

Contenidos de metales pesados

Los contenidos medios de los elementos siguen la siguiente secuencia Zn>Cu>Pb>Cr>Ni. En los resultados no se presentan valores para Cadmio (Cd) debido a que estuvo por debajo de los límites de cuantificación, que en este caso fue de 3,73 mg/Kg. La misma secuencia se mantiene con los valores máximos, mientras que con los valores mínimos varía así: Pb>Cu>Cr>Ni>Zn, llevando al Zn a último lugar con la menor concentración.

Plomo Pb

El valor medio encontrado de 16,7 mg/Kg para los suelos agrícolas de la región del Ariari, en el departamento del Meta, es considerablemente mayor a los reportados en otros estudios en Colombia, que fueron de 4,21 mg/Kg en el municipio de Santa Lucía y de 5,06 mg/Kg para el municipio de Manatí, departamento del Atlántico (Yacomelo, 2014); y en el Valle del Río Sinú, en el departamento de Córdoba, donde se reportó una concentración de 0,065 mg/Kg (Roqueme *et al.*, 2014). El Pb ha sido directamente relacionado con la aplicación de agroquímicos y fertilizantes como Urea y Superfosfato (Micó *et al.*, 2006). Según la EPA (1996), el contenido normal de Pb en suelo es de 10 mg Pb /kg, valor superado en las muestras del Ariari. Sin embargo, el rango de toxicidad propuesto por esta agencia se encuentran entre los 50 a 100 mg/kg. Por su lado Kabata-Pendias y Pendias (2001), mencionan que para denominar a un suelo contaminado por Pb este debe superar los 100 mg/Kg.

Zinc Zn

Los suelos agrícolas muestreados presentaron un valor medio de Zn de 58,6 mg/Kg, superado ampliamente lo encontrado por Roqueme *et al.*, (2014) en el valle del río Sinú con valores entre 285,3 - 2631,8 mg/Kg, y cerca a lo encontrado por Micó *et al.* (2006) (Zn 57,8 mg/Kg). De acuerdo con Kabata-Pendias (2004), las concentraciones de Zn en suelos agrícolas varían entre 10 y 100 mg/Kg, y éste hace parte de los elementos esenciales para las plantas. Sin embargo, en concentraciones superiores a 400 mg/Kg puede generar problemas de toxicidad (EPA, 1996).

Níquel Ni

El níquel junto al Zn también cumple funciones bioquímicas en los seres vivos y el rango normal en suelos está entre 0,1 a 5 mg/Kg, sin embargo, cuando se encuentra en niveles de 10 a 100 mg/Kg, puede presentar problemas de toxicidad (EPA, 1996). En los sedimentos se asocia con

el hierro y puede ser absorbido por la planta en forma de silicatos, cuando el pH es menor a 6,8 se forman hidratos de níquel. Este se distribuye en forma vertical en el perfil del suelo de manera similar al hierro. El valor medio encontrado en el área de estudio fue 7,5 mg Ni/Kg, por debajo de los valores reportados por Roqueme *et al.*, (2014) entre 8,3 - 1757,4 mg/Kg.

Cromo Cr

El valor de este metal para la región del Ariari alcanzó los 11,9 mg/Kg, inferior a lo reportado por Yacomelo (2014), de 26,8 y 61,77 mg/Kg respectivamente para los municipios de Santa Lucía y Manatí, en el departamento del Atlántico. El Cr en forma trivalente tiene poca movilidad siendo similar al hierro férrico. Según la EPA (1996) el rango normal de contenido de Cr en el suelo es de 0,1 - 0,5 mg/Kg y el rango tóxico está entre 5 y 30 mg/Kg.

Cobre Cu

Las concentraciones de Cu reportadas en la región del río Sinú entre 78,4 - 2522,2mg/Kg (Roqueme *et al.*, 2014), supera ampliamente el contenido obtenido en la región del Ariari, de 17,6 mg/Kg. Sin embargo, en este estudio fue el elemento con la segunda concentración antecedido por el Zn. La EPA (1996) plantea que el rango normal de Cu en el suelo es de 5 a 30 mg/Kg. La movilidad en el suelo es relativamente baja y está influenciada por los contenidos de materia orgánica y el tipo de arcilla.

En general las concentraciones de los metales pesados analizados (Pb, Zn Cu, Cr, Cd y Ni), en los suelos de la región del Ariari están por fuera de los niveles de toxicidad que plantean organismos de referencial mundial como la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos -EPA, con excepción del Cr que está dentro del rango de toxicidad (5 a 30 mg/Kg). Así mismo, estas concentraciones también se mantienen inferiores a lo que reportan Yacomelo (2014) y Roqueme *et al.*, (2014) para otras regiones de Colombia. Sin embargo, aún en el país no se han establecido valores que puedan ser usados como referencia y a partir de éstos evaluar la calidad de los suelos agrícolas, y de esa forma también generar estrategias enfocadas a la conservación y restauración de estos suelos (Rueda *et al.*, 2011). Por otro lado, las condiciones de bajas pH, Materia orgánica y CIC, típica de suelos oxisoles favorecen la movilidad de estos elementos (Kabata-Pendias, 2004; Alloway, 2013).

En este sentido surgen interrogantes sobre si las bajas concentraciones de los metales pesados en los suelos de

la región del Ariari se deben a la posible transferencia las plantas cultivadas, a la lixiviación a horizontes profundos Y/o si los insumos agrícolas aplicados no los contienen. De igual manera, existe la necesidad de seguir abordando estudios relacionados con los efectos de los procesos productivos sobre el recurso suelo, especialmente en la dinámica de los metales pesados en los sistemas agrícolas y sus posibles transferencias a la plantas, lo que podría derivarse en problemas de salud pública.

Conclusiones

Los contenidos de metales pesados muestran la siguiente secuencia Zn>Cu>Pb>Cr>Ni; para caso el cadmio aunque también fue analizado, las concentraciones no superaron los límites de cuantificación. Sin embargo, este metal tiene rango de toxicidad por debajo de los límites de cuantificación aplicados en este estudio.

En los suelos agrícolas de la región del Ariari a pesar de ser una zona de producción agrícola intensiva y con alta tasa de aplicación de productos agroquímicos, no se evidenció concentraciones por encima de los valores de referencias aplicados, esto podría estar asociado con las condiciones físico-químicas que poseen estos suelos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de Ecopetrol S.A., mediante el convenio con la Universidad de los Llanos N° 5211592, y al Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana de la Universidad de los Llanos.

Referencias

Alloway BJ. 2013 Heavy Metals in Soils, Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability (3ra Ed.) United Kingdom.

Ceccon E. tragedia en dos actos La revolución verde. Ciencias. 2008;1(91):21-29.

CORPOICA. 2013. Caracterización socioeconómica de los pequeños productores de Granada y Fuente de Oro (Meta) como herramienta para el Análisis Hedónico de la Producción del Suelo. Recuperado de: <http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/27453/27453.pdf>

DANE. 2010. Proyecciones demográficas por municipio basadas en el censo del año 2005. Recuperado de: www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/Proyeccion-Municipios2005_2020.xls.

Gobernación del Meta. 2011. Caracterización municipio de Fuente de Oro. Recuperado, 28 de Octubre 2014, sitio web. <http://www.siid.gov.co/sites/default/files/Ficha%20Municipal%202011%20-%20FUENTE%20DE%20ORO.pdf>

Kabata-Pendias A. Soil-plant transfer of trace elements—an environmental issue. *Geoderma*. 2004; 122(2):143-149.

Kabata-Pendias A, Pendias H, 2001. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, FL.

Læg Reid M, Bockman OC, Kaarstad O. 1999. *Agriculture, fertilizers and the environment*. CABI publishing.

Micó C, Recatalá L, Peris M, Sánchez J. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. *Chemosphere*. 2006;65(5):863-872.

Municipio de Fuente de Oro. 2008. Plan de Desarrollo Municipal 2008 - 2011 Entre todos lo haremos mejor. Recuperado de: http://www.fuentedeoro-meta.gov.co/apc-aa-files/356239306239353833835326530396631/PDM_FUENTE-DEORO_2008_2011_1.pdf

Naidu R, Oliver D, Mcconnell S. 2003. Heavy metal phytotoxicity in soils. In: Proceedings of the fifth national workshop on the assessment of site contamination. Ed. Langley A, MGilbey, Kennedy B. National Environment Protection Council (NEPC) Australia. pp 235-241.

Nava-Ruiz C, Méndez-Armenta M. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Arch Neurocienc (Mex)*. 2011;16(3):140-147.

Roqueme J, Pinedo J, Marrugo J, Aparicio A. (2014). Metales pesados en suelos agrícolas del valle medio y bajo del río Sinú, departamento de Córdoba. (Memorias del II Seminario de Ciencias Ambientales Sue-Caribe & VII Seminario Internacional de Gestión Ambiental, 2014). Universidad de Córdoba, Montería. Colombia.

Rueda G, Rodríguez JA, Madriñán R. Metodologías para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas: Perspectivas para Colombia. *Acta Agronómica*. 2011;60(3):203-218.

Sánchez MS. 2010. Contaminación por Metales Pesados en el Botadero de Basuras de Moravia en Medellín, Transferencia a Flora y Fauna y Evaluación del Potencial Fitoregulator de Especies Nativas e Introducidas. Tesis Doctoral. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá - Colombia.

Silveira MLA, Alleoni LRF, Gilherme LRG. Biosolids and heavy metals in soils. *Scientia Agricola*, 2003; 60 (4): 793-806.

USEPA (1996) Soil screening guidance: technical background document. EPA/540/R-95/128. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC, p A-5.

Yacomelo M. 2014. Riesgo toxicológico en personas expuestas, a suelos y vegetales, con posibles concentraciones de metales pesados, en el sur del Atlántico, Colombia. Tesis Maestría. Universidad Nacional de Colombia.

Soil Survey Staff, 2014. Keys to Soil Taxonomy, 12th ed. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. 1990. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Bogotá.