
EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN CAUSADA POR METALES PESADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS DEL ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA

Bastardo Jesús R.¹, Díaz María G.¹, Sánchez Numa E.¹, Astudia Adriana C.¹,
Trillos María G.²

¹Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua, INIA-Anzoátegui

²Instituto Politécnico José Antonio Anzoátegui

jbastardo@inia.gob.ve

Resumen

La contaminación ambiental causada por agentes químicos potencialmente tóxicos, constituye en la actualidad un interés y conlleva a la preocupación por la evaluación de la calidad del suelo. Sin embargo los estudios sobre calidad de suelos tienden a no incluir la concentración de los metales pesados. El objetivo de este trabajo consistió en evaluar la contaminación ambiental en función del contenido extraíble de Cu, Fe, Mn, Zn, Ni, Cd y Pb (método de Mehlich 1), a 0-20 cm de profundidad, en 18 muestras de suelos seleccionadas aleatoriamente en el Laboratorio de Suelos del INIA-Anzoátegui, procedentes de 18 unidades de producción agrícola del Municipio Miranda, del estado Anzoátegui. Los resultados indican que existe cierta homogeneidad de los contenidos extraíbles de los metales pesados Fe, Cu, Mn, Zn, Pb y Ni en los suelos estudiados; las únicas variaciones se observaron en el contenido de Pb para el Fundo El Palmar ($Pb > 5 \mu\text{g/g}$). En cuanto al Cd, en todos los fundos, excepto El Pasaje, Vivoral y Zamorana, los valores encontrados ($Cd > 1 \mu\text{g/g}$) superan los contenidos máximos admisibles establecidos por la legislación vigente (decreto 2635, 1998). Estos resultados reflejan el potencial indicativo del uso del suelo en la evaluación de la calidad ambiental, sin embargo, se requiere continuar con un monitoreo de metales pesados en la zona.

Palabras clave: Calidad ambiental, calidad de suelo, contenidos extraíble, valores máximos permisibles.

Introducción

La contaminación ambiental es un problema que ha afectado, afecta y continuará incidiendo en la vida cotidiana de los pobladores urbanos y rurales. El estudio de la contaminación de suelos con metales pesados es de gran interés, porque es en el suelo donde se inicia la incorporación del elemento a la cadena trófica y donde es más factible evitar su acumulación en los alimentos y los posteriores efectos en la salud humana. Los contenidos en metales pesados del suelo están íntimamente relacionados con la composición de la roca madre, que representaría el punto de partida de los niveles edáficos de metales que son consecuencia del desarrollo y evolución del suelo; sin embargo en suelos de uso agrícola la concentración de estos elementos puede ser incrementada por la adición de diversos tipos de sustancias que los contienen en mayor o menor proporción, como resultado de impurezas en los fertilizantes aplicados (Kabata, 1995). Otras fuentes incluyen el uso de lodos como enmienda orgánica, la aplicación de residuos sólidos urbanos y el transporte de partículas de la atmósfera (Alloway, 1995; Föstner, 1995).

Una vez depositados en el suelo, los metales pesados tienden a mantenerse en horizontes superficiales retenidos bajo formas diversas. Cuando ocupan posiciones de intercambio catiónico son extraíbles por las plantas y pueden constituir un grave problema de contaminación ambiental. Por otra parte, variaciones en las condiciones del medio, como el pH, dan lugar a modificaciones en la proporción de formas solubles. Por sus características geográficas y

climáticas, el municipio Miranda del estado Anzoátegui es considerado un polo de desarrollo agrario de importancia estratégica para el país, por tener uno de los acuíferos subterráneos más grandes de Venezuela y Latinoamérica y por su potencial en la producción de rubros agrícolas tales como: cereales, soya, frutales, raíces y tubérculos, además de contar con un alto potencial ganadero. La producción de estos rubros agrícolas, requieren de aplicaciones elevadas de fertilizantes y agroquímicos en particular de pesticidas, especialmente en la producción hortícola y cerealera. Como consecuencia de la agricultura intensiva a la que se ven sometidos estos suelos agrícolas, con una utilización masiva de productos agroquímicos y el uso de abonos orgánicos sin tratar, se originan una serie de factores de riesgo que incluyen: la contaminación de las aguas subterráneas a causa de la infiltración de esos productos hacia las capas profundas del suelo, debido su textura arenosa; contaminación de los suelos por metales pesados, la presencia de residuos químicos en los alimentos y una contaminación orgánica persistente. Además, la proximidad de las zonas industriales a las poblaciones y la dispersión de pequeñas industrias en las zonas agrícolas, pueden estar condicionando un incremento de elementos tóxicos y contaminantes que requieren una evaluación. En función de lo expuesto surge la necesidad de evaluar la contaminación ambiental causada por la disponibilidad de metales pesados en suelos agrícolas del municipio Miranda, estado Anzoátegui, Venezuela.

Materiales y Métodos

Se seleccionaron 18 muestras de suelos tomadas a una profundidad de 0-20cm y representativas de las unidades de producción: Fundo el Palmar, Fundo Agua Clara, Fundo Cajobal, Fundo Yopales, Fundo Bare, Fundo Mucura, Fundo Paso Bajito, Fundo 19 de Abril, Fundo el Corozo, Fundo Pariaguan, Fundo el Pasaje, Fundo Atipirire, Fundo Vivoral, Fundo Bajo Limo, Fundo Zamorana, Fundo el Caobo, Fundo el Dorado, Fundo Hamaca, de productores del municipio Miranda de la zona Sur del Estado Anzoátegui, enviadas al laboratorio de suelos, para su análisis con fines de fertilidad. Los métodos de análisis implementados fueron los siguientes: i) Extracción de los elementos con solución extractora de Mehlich nº1 (extracción doble-ácido) para hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), cinc (Zn), níquel (Ni), cadmio (Cd) y plomo (Pb) y su determinación por Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama (EAA-Llama); ii) método potenciométrico para medir el pH en una relación suelo:agua 1:2,5 ; iii) determinación del contenido de materia orgánica por el método de combustión húmeda (Walkley y Black Modificado), iv) textura por el método de Bouyoucos, v) capacidad de intercambio catiónico (CIC) por el método de acetato de amonio 1N a pH 7; todas estas metodologías estandarizadas se aplicaron de acuerdo al manual de suelos para diagnóstico de fertilidad de Gilabert, *et al.*, (1990). Se realizaron 3 repeticiones para cada uno de los análisis realizados a cada muestra.

Resultados y Discusión

Los contaminantes en suelos y sedimentos se pueden hallar en seis formas diferentes (Rulkens *et al.*, 1995) como partículas (contaminantes particulados), como películas líquidas, adsorbidos, absorbidos, disueltos en el agua intersticial de los poros, o como fases sólidas en los poros, por lo que la movilidad de un metal depende no sólo de su especiación química, sino de una serie de parámetros del suelo tales como pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y minerales de la arcilla, así, no todos los cationes de cambio están igualmente disponibles, sino que depende del mineral o minerales de los que están formando parte como complejo de cambio.

Los suelos analizados de los fundos seleccionados pertenecen a tres grandes grupos de suelo Kandistul, Haplustox, Quartzipsament (Mogollón y Comerma, 1994) y tienen como características en común: el tipo de textura (gruesa), la cual posee un contenido mayor de 70 % de arena y bajos contenidos de arcilla y limo, el pH moderadamente ácido (4,7-6,4 unidades de pH), baja capacidad de intercambio catiónico y contenido de materia orgánica bajo (< 1,50), excepto en el fundo Vivoral, en el que el nivel es medio (Gilabert, *et al.*, 1990) (tabla 1), lo que desfavorece la disponibilidad de los elementos trazas en el suelo (Greger, 1999).

Los metales pesados analizados se pueden dividir en dos grupos: esenciales (micronutrientes) y no esenciales (sin función biológica). Dentro del primer grupo, están los micronutrientes esenciales para plantas y para la

salud humana (Fe, Cu, Mn y Zn). Estos metales pesados esenciales son requeridos por las plantas en cantidades pequeñas; por lo que pueden llegar a ser tóxicos para las plantas y los seres vivos si su contenido se encuentra sobre cierto umbral (Schauss, 1995; Adriano, 2001). Al segundo grupo pertenecen el Ni, Cd y Pb. La presencia de estos metales pesados en determinadas cantidades en seres vivos lleva aparejadas disfunciones en el funcionamiento del organismo, son altamente tóxicos, y se acumulan en organismos vivos (Adriano, 2001).

En la tabla 2, se observan las concentraciones promedios ($\mu\text{g/g}$) disponibles de los metales pesados Fe, Mn, Zn y Cu en los suelo agrícolas estudiados, las cuales se encuentran dentro de los valores máximos recomendados para suelos agrícolas (Solórzano, 2001). En cuanto a las concentraciones promedios ($\mu\text{g/g}$) de los metales Ni, Cd y Pb (tabla 3), se observa que las concentraciones de Ni y Pb están dentro del rango máximo permisible según la legislación vigente, la única variación se observó en el contenido de Pb para el Fundo El Palmar ($\text{Pb} > 5 \mu\text{g/g}$). A pesar de que en la mayoría de los suelos estudiados las concentraciones de Ni y Pb, no rebasaron los límites considerados como normales para suelos no contaminados, existe un riesgo potencial de contaminación, que se manifestaría a medida que se modificaran las propiedades edáficas que determinan la solubilidad y disponibilidad de estos metales para la planta, tales como el pH, el contenido de materia orgánica, la estructura y la actividad biológica entre otras. Los cambios en el pH propician

la formación de diferentes especies químicas, como complejos de hidróxidos y carbonatos (Petrovic *et al.*, 1999).

En relación al contenido de Cadmio (Cd) en estos suelos (tabla 3) tomando como referencia que Emsley (2003) señala que los suelos tienen un contenido muy variable de este elemento, pero en promedio hay una concentración natural de $1 \mu\text{g/g}$, podemos señalar que la mayoría de los fundos, superan los contenidos máximos admisibles establecidos por la legislación vigente con valores de $\text{Cd} > 1 \mu\text{g/g}$ (decreto 2635, 1998). Esto significa que la mayoría de los suelos bajo estudio, pertenecientes todos a un mismo municipio, presentan niveles importantes de contaminación por Cd, con la excepción de los suelos de los fundos El Pasaje, Vivoral y Zamorana, los cuales presentan valores menores al permisible.

La existencia de suelos con valores mayores al permisible, puede ser una consecuencia de la agricultura intensiva que se realiza en la zona, por el empleo en forma prolongada de fertilizantes y plaguicidas, que pudieran contener algunos de los elementos como Cd y Pb, así como fungicidas a base de arseniats, lo que provocaría un incremento del nivel de metales en el suelo. Otra fuente de contaminación sería la aplicación de residuos como enmiendas o acondicionadores, por ejemplo, los compost de residuos sólidos urbanos, que pueden contener Cd, Ni y Pb debido principalmente, a desechos metálicos domésticos (pilas, pinturas, termómetros, entre otros). En ambos casos se manifiestan riesgos potenciales de contaminación por estos elementos en

los suelos estudiados con consecuencias desfavorables para la salud humana y los acuíferos de la zona.

Tabla 1. Textura y valores promedio de pH, % Materia Orgánica y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en los suelos estudiados.

Ubicación	Textura	pH	M.O (%)	CIC cmol(+)kg-1
Fundo el Palmar	a.F	5,5	0,82	1,80
Fundo Agua Clara	a.F	6,4	1,48	1,88
Fundo Cajobal	a.F	5,2	1,48	2,03
Fundo Yopales	a	5,5	1,47	1,80
Fundo Bare	a	5,6	0,76	1,80
Fundo Mucura	a.F	5,4	0,87	1,90
Fundo Paso Bajito	a	5,6	0,94	1,60
Fundo 19 de Abril	F.a	5,5	1,19	1,41
Fundo el Corozo	a.F	4,7	1,61	1,25
Fundo Pariaguan	a	6,2	1,49	0,82
Fundo el Pasaje	F.a	6,0	1,56	1,02
Fundo Atipirire	a.F	5,9	1,37	1,13
Fundo Vivoral	a.F	5,8	1,74	0,80
Fundo Bajo Limo	a.F	5,2	0,83	0,89
Fundo Zamorana	a	5,9	0,94	1,80
Fundo el Caobo	a.F	5,8	1,34	1,25
Fundo el Dorado	a	5,5	1,00	1,20
Fundo Hamaca	a	4,9	0,82	0,80

Tabla 2. Concentraciones de Fe, Mn, Zn y Cu en los suelos estudiados.

Ubicación	Fe*	Mn*	Zn*	Cu*
	µg/g			
Fundo el Palmar	8,13	1,8	10,0	0,14
Fundo Agua Clara	20,28	10,7	3,26	0,46
Fundo Cajobal	3,40	5,54	0,67	0,39
Fundo Yopales	13,13	25,76	0,2	0,15
Fundo Bare	6,52	5,09	0,22	0,18
Fundo Mucura	16,50	7,03	0,31	0,16
Fundo Paso Bajito	13,58	3,09	0,41	0,21
Fundo 19 de Abril	10,57	11,85	3,84	0,48
Fundo el Corozo	12,85	11,37	0,57	0,57
Fundo Pariaguan	19,34	3,04	0,22	0,16
Fundo el Pasaje	15,04	6,5	0,59	0,25
Fundo Atipirire	9,89	7,95	0,24	0,20
Fundo Vivoral	12,32	4,2	2,87	0,31
Fundo Bajo Limo	6,69	8,48	0,19	0,22
Fundo Zamorana	9,44	9,78	0,48	0,16
Fundo el Caobo	5,70	6,4	0,28	0,37
Fundo el Dorado	18,97	8,06	1,17	0,34
Fundo Hamaca	7,62	5,3	0,49	0,18

*Valores máximos recomendados para suelos agrícolas expresados en µg/g: Fe= 200; Cu= 5; Zn= 20; Mn= 100. (Solórzano, 2001)

Tabla 3. Concentraciones de Ni, Cd y Pb en los suelos estudiados.

Ubicación	Ni		Cd			Pb	
			µg/g				
	suelos estudiados	máx. permisible	suelos estudiados	máx. permisible	suelos estudiados	máx. permisible	suelos estudiados
Fundo el Palmar	0,42		2,86		6,74		
Fundo Agua Clara	1,19		2,93		3,24		
Fundo Cajobal	0,62		2,88		1,86		
Fundo Yopales	0,19		2,98		1,32		
Fundo Bare	0,17		2,95		1,48		
Fundo Mucura	0,2		2,92		1,98		
Fundo Paso Bajito	0,3		2,82		1,38		
Fundo 19 de Abril	2,16		2,89		2,11		
Fundo el Corozo	0,81		2,91		1,84		
Fundo Pariaguan	0,12		2,85		1,36		
Fundo el Pasaje	0,39		0,42		1,47		
Fundo Atipirire	0,56		2,88		1,65		
Fundo Vivoral	0,79	5	0,50	1	2,19	5	
Fundo Bajo Limo	0,84		2,93		0,62		
Fundo Zamorana	0,44		0,60		2,20		
Fundo el Caobo	0,57		2,94		1,71		
Fundo el Dorado	0,44		2,91		2,05		
Fundo Hamaca	0,56		2,85		2,20		

Comparando los resultados con otros de suelos tropicales latinoamericanos, diremos que los valores alcanzados para los metales pesados son superiores a los observados por Davies *et al.* (1999) en 162 suelos estudiados a lo largo de Venezuela. Otros autores (Wilcke *et al.*, 1998), al estudiar el contenido de metales pesados en 16 suelos de Costa Rica con cultivo del café y con bosques naturales encontraron valores todavía menores a los hallados en Venezuela. La excepción fue el Cu, más elevado que el que se encontró en Venezuela y también en los suelos de Pedernales.

Conclusiones

Los contenidos disponibles de los metales pesados Fe, Cu, Mn y Zn en los suelos agrícolas analizados están dentro de los valores máximos recomendados para suelos agrícolas.

Pb y Cd fueron los metales pesados con mayor concentración por encima del límite máximo permisible de acuerdo la normativa ambiental vigente.

Los niveles de Pb y Cd en los suelos analizado, pueden representar un riesgo de contaminación ambiental a mediano plazo, ya que son bioacumulables.

Recomendación

La contaminación ambiental causada por metales pesados constituye un problema grave a nivel mundial, dada las repercusiones que ésta tiene, es por ello que se deben hacer esfuerzos para perfeccionar las técnicas que permitan mejorar la detección de agentes contaminantes y monitorear constantemente los ecosistemas sujetos

a impactos ambientales causados por agentes químicos, con el fin de tomar las medidas preventivas, y trabajar en programas de educación con los productores orientados a la concientización de las consecuencias que trae el uso indiscriminado de fertilizantes, agroquímicos y abonos orgánicos sin tratamiento.

Referencias Bibliográficas

- Adriano, D. (2001). *Trace Elements in Terrestrial Environments. Biogeochemistry, Bioavailability and Risk of Metals*. Second Edition. New York: Springer-Verlag
- Alloway, B. J. (1995). *The origins of heavy metals in soils*. En: B. J. Alloway (ed.). *Heavy Metals in Soils*. Blackie Academic and Professional. London: CRC Press.
- Davies B.E, Bifano C, Phillips K. M, Mogollon J. L, & Torres M. (1999). Aqua regia extractable trace elements in surface soils of Venezuela. *Revista Environmental Geochemistry and Health*, 21: 227-256.
- Decreto N° 2.635. (1998). Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos. *Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 3 de Agosto*, Caracas, Venezuela.
- Emsley, J. (2003). *Natures Building Blocks an A-Z Guide to the Elements*. New York: Oxford University Pres.
- Föstner, U. (1995). *Land contamination by metals: global scope and magnitude of problem*. En: Allen, H. E.; Huang, C. *Metals Stress in plants*. Germany: Springer-Verlag.
- Gilabert, J; I. López y R. Pérez. (1990).

Manual de Métodos y Procedimientos de Referencia. Maracay: FONAIAP. Serie D. N° 26.

Greger, M. (1999). *Metals availability and bioconcentration in plants*. In: Prasad, M., and J. Hagemeyer (eds). Heavy metals in soils. En: B. J. Alloway (eds.), *Heavy Metals in Soils*. London: Blackie Academia and Professional.

Kabata, A. (1995). *Agricultural problems related to excessive trace metal contents of soils*. En: W. Salomons, U. Förstner and P. Mader, (eds.), *Heavy metals problems and solutions*. Berlin: Springer-Verlag.

Mogollón, L. y J. Comerma. (1994). *Suelos de Venezuela*. Palmaven. Petróleos de Venezuela, C. A. Caracas: Exlibris

Petrovic, M.; Kastelan, M y Horvat, J. (1999). Interactive sorption of metal ions and humic acids onto mineral particles.

Revista, Water, Air and Soil Pollution, 111 (1-4):43-56.

Rulkens, H., Grotenhuis, J. y Tichy, R. (1995): *Methods for cleaning contaminated soils and sediments*. In “Heavy Metals”, W. Salomons, U. Förstner & P. Mader. Berlin: Springer-Verlag.

Solórzano, R. (2001). *Manual para la Fertilización de Cultivos en Venezuela*. Cagua, Aragua. Venezuela: Agroisleña, C.A.

Schauss, A. (1995). *Minerals, Trace Elements and Human Health*. Washington: Life Science Press.

Wilcke, W., Kretzschmar, S., Bundt, M., Saborio, G., & Zech, W. (1998). Aluminum and heavy metal partitioning in a horizons of soils in Costa Rican coffee plantations. *Revista Soil Science*, 163: 463-471.