

Dinámica del cadmio en suelos cultivados con papa en Nariño, Colombia.

Dinamic of the cadmium in soils cultivated with potatoes in Nariño, Colombia

Liliana Insuasty B.,¹ Hernán Burbano O.,² Juan C Menjivar F.³

¹⁻²Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. AA 1175. Nariño, Colombia, ³Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. AA 237. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. (Autor para correspondencia jcmenjivar@palmira.unal.edu.co)

REC.:01-10-07 ACEPT.:19-12-07

RESUMEN

Se evaluó la fijación y movilidad de cadmio en suelos dedicados al cultivo de papa en Túquerres, Pasto y Guachucal. Se tomaron muestras de suelos no disturbadas en cilindros de PVC, las cuales, luego de aplicaciones fraccionadas de cadmio con dosis de 0, 50, 100 y 150 ppm, se incubaron a capacidad de campo durante cuatro meses. En estos suelos los contenidos de cadmio total e intercambiable no sobrepasaron los límites permisibles establecidos por Organización Mundial de la Salud-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (OMS-FAO); no obstante, la mayor cantidad del elemento se localizó en la parte superior de los núcleos, lo cual indica baja movilidad del elemento en el perfil.

Palabras claves: *Solanum tuberosum*, cadmio total; cadmio intercambiable.

ABSTRACT

The mobility of cadmium and fixation in soils cropped with potatoes in Túquerres, Pasto and Guachucal Nariño, Colombia was evaluated. Samples with an auger of 11 cm diameter and 40 cm in length were taken. On these soil samples applications of 0, 50, 100 and 150 ppm cadmium were, and incubated during a 4 month period under field capacity. In this soils the content of total exchangeable cadmium do not overcome the permissible limits established by World Health Organization-Food and Agriculture Organization of the United Nations. The highest concentration of cadmium applied in the for of total Cd and changeable Cd was found in the higher third part of cores, which indicates a low mobility of the element in the soil profile.

Key-words: *Solanum tuberosum*, total cadmium, exchangeable cadmium.

INTRODUCCIÓN

La papa es el medio de sustento de muchas familias, genera empleos directos y se considera el eje de la producción de cultivos de clima frío. Las observaciones realizadas durante la presente investigación muestran que los agricultores realizan una fertilización con 13-26-10-3-3 en dosis de 1.500 a 2.000 kg.ha⁻¹ en una sola aplicación al momento de la siembra. Al inicio de la floración y cada 15 días aplican (Solun P K) en dosis de 6 a 8 kg/200 litros de agua. En el sistema de cultivo las dosis han incrementado el uso de fertilizantes con alto grado de fósforo, que aportan también metales pesados, entre ellos el cadmio, elemento absorbido fácilmente por las plantas y que puede generar efectos tóxicos en

plantas, animales e incluso el hombre (Espinosa, 1998), ya que este metal no es biodegradable (Castro, 1999).

Las consideraciones anteriores, además de las condiciones en que se maneja el protocolo de la fertilización en la zona fría de Nariño, llevó a desarrollar la presente investigación que tuvo como objetivo evaluar la movilidad del cadmio en suelos dedicados al cultivo de papa en los municipios de Pasto, Túquerres y Guachucal, Nariño, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la investigación se seleccionaron tres suelos de la zona papera (Tabla 1). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 4x3x3: 4

dosis de cadmio (0, 50, 100 y 150 ppm), 3 profundidades (0-13, 13-26, 26-39 cm) y 3 repeticiones para cada localidad. Como fuente de cadmio se utilizó CdCl₂ con 61% de cadmio. Las variables evaluadas fueron cadmio total y cadmio intercambiable con la aplicación de las dosis crecientes mencionadas.

Tabla 1. Procedencia y caracterización de los suelos de Nariño estudiados

Localidad	Georreferencia	msnm (m)	Clasificación	Características
Pasto	N 1°5'1.71" O.77°11'32.71" N1°0.8'11.05"	2.820	Typic Dystrandept	pH fuertemente a moderadamente ácida; bajos a altos en materia orgánica, fósforo aprovechable, magnesio, manganeso, zinc y la CIC, potasio y hierro altos, bajos boro, normales en cobre.
Túquerres	O.77°38'0.66"	3.120	Umbric Vitrandept	
Guachucal	N. 0°58'39.81" O77°44'22.27"	3.087	Typic Dystrandept	

En cada localidad se tomaron 12 núcleos de suelos, cada núcleo correspondía a la unidad experimental. Se recolectaron los primeros 45 cm de profundidad, utilizando cilindros de PVC de 11 cm de diámetro y 45 cm de largo, lavados previamente con HCl 0.1 N, los cuales se enterraron a fin de tomar núcleos sin disturbar.

Previo a la aplicación de cadmio, los núcleos se saturaron y el exceso de agua se drenó por 48 horas. En este punto se pesó cada núcleo para mantener ese peso con la adición de agua destilada.

Se hizo la adición del cadmio durante un mes, en forma fraccionada (dos aplicaciones por semana), y se mantuvo el peso a capacidad de campo con aplicación de agua destilada. Completada la dosis se incubaron los núcleos por un lapso de cuatro meses.

Se dividió el cilindro en tres partes iguales, se extrajo el suelo, se secó al aire y a la sombra y se tamizó en malla No. 30 (0.595 mm). Para la extracción de cadmio total se realizaron ensayos previos, variando el extractante y el tiempo de digestión. Los mejores resultados se obtuvieron con la utilización de peróxido de hidrógeno y ácido nítrico. Para la determinación de cadmio intercambiable se utilizó como solución extractora DTPA-Na a pH 7.3, en una relación suelo – extractante 1:2. Las muestras se agitaron por dos horas y posteriormente se filtraron; en el filtrado se determinó el cadmio por espectrofotometría de absorción atómica.

Los resultados se analizaron a través de un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey en los casos en que se presentaron diferencias significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cadmio total

Se presentaron diferencias altamente significativas en el contenido de Cd-total. En condiciones naturales ninguno de los suelos superó el límite crítico de 3 mg/kg propuesto por el Comité Mixto OMS-FAO (1992) (Tabla 2). Según el IGAC (1986) el sustrato mineralógico de los suelos estudiados no presenta minerales altos en cadmio.

Tabla 2. Contenido de cadmio total obtenido por la aplicación de diferentes dosis del elemento.

Dosis de aplicación de cadmio	Cadmio total (ppm)		
	Pasto	Túquerres	Guachucal
ppm			
0	1.12 b	1.2 d	0.77 d
50	14.59 ba	14.6 c	8.48 c
100	30.9 ba	27.9 b	29.12 b
150	43.94 a	45.7 a	49.98 a

Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente entre sí (Tukey, P<0.01)

La mayor proporción del elemento se encontró en la parte superior de los núcleos (Tabla 3), los resultados indican que el metal pesado tendió a mantenerse inicialmente en los horizontes superficiales, y fueron sometidos a procesos de adsorción y retención naturales en cada tipo de suelo, el 93% de los metales pesados aplicados durante dos años se acumularon en la superficie del suelo y más del 95% del Cd, Zn, Cu y Pb permanecieron a profundidades de 0-25 centímetros (Bonilla 1992).

Tabla 3. Contenido de cadmio total en las tres profundidades evaluadas.

Profundidad de muestreo (cm)	Cadmio total (ppm)		
	Pasto	Túquerres	Guachucal
0 – 13	49.35a	62.85 a	58.06a
13 – 26	16.70ba	2.90 b	2.77b
26 – 39	1.87b	1.44 b	1.70b

Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente entre sí (Tukey, P<0.01)

Los contenidos de Cd-total en la parte superior de los núcleos con aplicación de 150 ppm fueron altos, lo cual podría explicarse en parte por la alta dosis y además porque la utilización de peróxido de hidrógeno como extractante produce patrones intensos de oxidación de los metales pesados asociados con la materia orgánica e igualmente oxida compuestos como los sulfuros de zinc, cobre y hierro, situación que en conjunto, y ligada a las características de los suelos, contribuye a que el cadmio se acumule progresivamente en la fase adsorbtiva del suelo (Dar-Yuan *et al.*, 1996, Montenegro, 2000).

Situación contraria reportaron González y Vargas (1997), quienes manifestaron que el ataque a las muestras con agua regia para la extracción de cadmio, cuanto mayor fue el contenido seudototal del metal menor fue el porcentaje de extracción; posiblemente por la formación de especies no extractables o resistentes, hecho reportado también por Matamoros (1998) en suelos de la sabana de Bogotá y en los que, mediante extracción secuencial de Tessier, obtuvieron porcentajes altos de metales en la fase residual de los suelos.

Cadmio intercambiable

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas altamente significativas para el contenido de Cd-intercambiable en los suelos obtenidos por la aplicación de diferentes dosis de cadmio y a las tres profundidades.

En general (Tabla 4) el contenido de Cd-intercambiable para las tres profundidades en condiciones normales representó un valor muy bajo respecto a la fracción total del elemento, lo cual podría estar relacionado con procesos de adsorción del metal por coloides orgánicos e inorgánicos como los arcillosos y los óxidos e hidróxidos de Fe, Al y Mn (Bonilla, 1992); al respecto, los suelos estudiados presentaron valores de materia orgánica superiores al 15%, pHs menores de 4,7, contenidos menores de 1.7 meq/100g de aluminio intercambiable y bajos porcentajes de saturación de bases.

Tabla 4. Contenido de cadmio intercambiable obtenido por la aplicación de diferentes dosis del elemento.

Dosis de aplicación de cadmio ppm	Cadmio intercambiable (ppm)		
	Pasto	Túquerres	Guachucal
0	0.04b	0.08d	0.01c
50	8.96ba	8.93c	1.14c
100	20.34ab	16.84b	19.05b
150	29.11a	31.94a	32.31a

Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente entre sí (Tukey, P<0.01)

La concentración total (fracción móvil más fracción inmóvil) del cadmio en el suelo, al igual que la tasa de difusión del elemento móvil a través de la solución del mismo, incide en la cantidad absorbida por las plantas y es la fracción móvil la que constituye el verdadero riesgo de toxicidad para las plantas (Montenegro, 2000), por lo que se podría manifestar que el potencial de toxicidad para los cultivos, en este caso papa, con los valores de Cd-intercambiable obtenidos, se considera bajo.

Con la aplicación de 50, 100 y 150 ppm de cadmio el mayor contenido de la forma intercambiable del

elemento se obtuvo en la parte superior de los núcleos (Tabla 5).

En otros estudios se encontró que el cadmio liberado en el suelo aumentó los primeros cinco días de incubación y luego se mantuvo constante a partir del día 30 hasta los 60 días después de la medición; sin embargo, la disponibilidad disminuyó con el tiempo, dependiendo del pH, materia orgánica y cantidad de Cd aplicado (Bonomelli *et al.*, 2003).

En general, a medida que se incrementó la dosis de aplicación de cadmio aumentó la concentración de la fracción cambiante del elemento, principalmente en la parte superior de los núcleos. Estos resultados guardarían relación con las condiciones de pH (menor de 7 en este caso) que gobiernan los procesos de adsorción-desorción, así como de la capacidad de cambio y de formación de quelatos por la materia orgánica.

Tabla 5. Contenido de cadmio intercambiable en las tres profundidades evaluadas.

Profundidad de muestreo (cm)	Cadmio intercambiable (ppm)		
	Pasto	Túquerres	Guachucal
0 – 13	34.81a	38.10a	41.53a
13 – 26	8.87b	1.19b	1.54b
26 – 39	0.15b	0.09b	0.27b

Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente entre sí (Tukey, P<0.01)

CONCLUSIONES

En suelos cultivados con papa, las mayores concentraciones de cadmio total en superficie (0-13 cm) se encontraron en la localidad de Túquerres, para las siguientes profundidades en suelos de Pasto.

Los mayores contenidos de cadmio intercambiable en superficie (0-13 cm) se encontraron en la localidad de Guachucal, para la siguiente profundidad en el suelo de Pasto.

En todas las localidades se encontró la mayor concentración de cadmio total e intercambiable en el tercio superior de los núcleos.

AGRADECIMIENTOS

Al personal de los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño. A todos los docentes de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira y a la Universidad de Nariño por la colaboración en la financiación del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Bonilla, C. 1992. Adsorción de cadmio, cromo y mercurio en suelos del Valle del Cauca a varios valores de pH. Tesis M. Sc. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 117 p.

2. Bonomelli, C. 2003. Efecto de la fertilización fosforada sobre el contenido de cadmio en cuatro suelos de Chile. *Pesq. agropec. bras., Brasilia*. 38 pp. 1179-1186.
3. Castro, G. 1999. Efecto del cadmio y cobre sobre el flujo de N y P en la interfase agua – sedimento en una laguna costera tropical. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 113 p.
4. Espinosa, J. 1998. Fertilizantes e impacto ambiental. En: Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo; Paipa, Colombia. Memorias pp. 121 – 132.
5. Dar - Yuan Lee. 1996. Determination of bioavailable Cadmium in paddy fiels by chelating resin membrane embedded in soils. *Biomedicine y biological. Springer Netherland*,: 181: 2.
6. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1986. Estudio general de suelos del nororiente del departamento de Nariño. IGAC, Bogotá, 540 p.
7. Matamoros, A. 1998. Especiación química y movilidad de los elementos Pb, Ni, Cr, Cu, Cd, Co y V en tres suelos agrícolas de la sabana de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
8. Montenegro, O. 2000. Evaluación de la contaminación por Cd y As en el sistema de producción arroz riego de la planicie aluvial baja del río Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
9. OMS-FAO. 1992. Evaluación de diversos aditivos alimentarios y los contaminantes mercurio, plomo y cadmio. (Información Técnica N° 50).