ENSAYOS DE MOVILIDAD DE CADMIO, CROMO Y NIQUEL EN UN SUELO DE LA PROVINCIA DE ALICANTE TRATADO CON LODO DE DEPURADORA

M.M. Jordán [1]; M.B. Almendro-Candel [1], J. Navarro-Pedreño [1], S. Pina-Beltrán [1], S. Camila [2] e I. Gómez-Lucas [1]

[1] *Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández. Campus de Elche. Avda. de la Universidad,s.n.-03202-Elche(Alicante)*

[2] *Universidad Tecnológica Metropolitana. Laboratorio de Recursos Naturales y Proceso. Sede de Macul. Avda José Pedro Alessandri 1242. Santiago de Chile (Chile).*

INTRODUCCIÓN

Muchas investigaciones sobre la distribución de metales con la profundidad en los perfiles de suelos fertilizados con lodos han mostrado que, a corto plazo, hay un movimiento descendente relativamente pequeño de los metales (Williams et al., 1987). Sin embargo, algunos autores relatan un mayor grado de movimiento de metales. En un suelo franco de pradera, Genevini et al. (1.986) hallan que Zn muestra el mayor movimiento descendente, y Ni y Cd en menor extensión. Legret y col. (1.988) encuentran que, en un suelo de textura gruesa que ha recibido varias aplicaciones de lodo, Cd se ha movido desde la superficie a profundidades de 60-80 cm, Ni a 40-60 cm y Pb a 20-40 cm, pero Cr permanece en el horizonte superficial. De todos estos trabajos se desprende que el movimiento de metales pesados, como resultado de las aplicaciones de lodo al suelo (Tabla 1), es limitado y es más probable en suelos arenosos, ácidos, bajos en materia orgánica y que reciben grandes aplicaciones de lodo, acompañados con elevada precipitación o irrigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se ha llevado a cabo en el interior de un invernadero, donde se realiza un seguimiento continuo de los parámetros ambientales tales como temperatura y humedad mediante el uso de un higro-termómetro. La experimentación se basó en el uso de columnas. Para ello, a partir de tubería de PVC de 10,5 cm de diámetro interno cortada en trozos de 15 cm de longitud, se construyeron 48 columnas de 60 cm de altura. Cada columna dispone de cuatro secciones diferenciadas de 15 cm: 0-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm y 45-60 cm. Estas secciones nos permitieron el estudio diferenciado de la movilidad de metales pesados a través de horizontes del suelo. Al final de las columnas se situó un recipiente para recoger el agua infiltrada a través del suelo (lixiviados). Se realizaron tres tratamientos y un tratamiento testigo (0-30.000-60.000-180.000 Kg/ha, LO, LB, LM y LA respectivamente). El lodo fue aplicado superficialmente y mezclado con el suelo simulando la acción de arado o mula mecánica, realizando una mezcla homogénea del mismo con los primeros 15 cm de suelo. Se prepararon 12 columnas por cada tratamiento. El suelo empleado para la realización de esta experiencia corresponde a un suelo no cultivado. El contenido en carbonato cálcico equivalente es alto (68 %). Con el fin de establecer el mayor paralelismo entre condiciones reales y el experimento, se sometió a los suelos contenidos en las columnas a un aporte de agua cada siete días, equivalente a una lluvia de 100 mm semanales (condiciones de pluviosidad en época de máxima abundancia de lluvias en la zona de origen del suelo). Con el fin de controlar qué se incorporaba a las columnas de suelo con el riego se recogieron muestras de agua de cada uno de ellos. Se realizaron cuatro tomas de suelo durante la experimentación con un intervalo de tiempo de un mes entre cada una de ellas. En cada uno de los muestreos se escogieron al azar tres columnas por cada tratamiento y por el ensayo testigo, es decir, un total de 12 columnas que fueron separadas por horizontes objeto de estudio. Al mismo tiempo que las columnas, se recogieron también las aguas lixiviadas de cada una de las 12 columnas correspondientes a cada muestreo. La determinación de elementos totales, se realizó tras mineralización de la muestra por vía húmeda en HNO_3 y H_2O_2 con utilización de radiación electrotermal (microondas). Para la estimación de los elementos de cambio se empleó una extracción con acetato amónico 1 N a pH 7. Los elementos solubles se determinaron tras extracción con agua desionizada. Ni y Cr se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica, mientras que para analizar el Cd se utiliza la técnica de absorción atómica con cámara de grafito.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cadmio, cromo y niquel totales

Cadmio se encuentra en muy baja concentración en las muestras de suelo, lo que dificulta su determinación. Las cantidades presentes, del orden de 0,5 mg/kg m.s., varían de forma irregular y no parece desprenderse de estos resultados una tendencia clara al aumento de la concentración de este metal debida al lodo. Los aportes de Cr (Figura 1) y Ni son más importantes. Prueba de ello es el aumento de concentración en los horizontes superficiales donde se ha aplicado la fertilización orgánica. No se observan aumentos relevantes en profundidad, aunque el horizonte 15-30 se vea afectado como así se aprecia en el muestreo 3 del tratamiento LA para el caso del Ni. Este elemento parece presentar mayor movilidad que los dos anteriores.

Cadmio, cromo y níquel intercambiable.

Los metales Cd, Cr y Ni participan escasamente en la capacidad de intercambio catiónico del suelo. El contenido de cadmio aumenta con el tratamiento de manera sig-

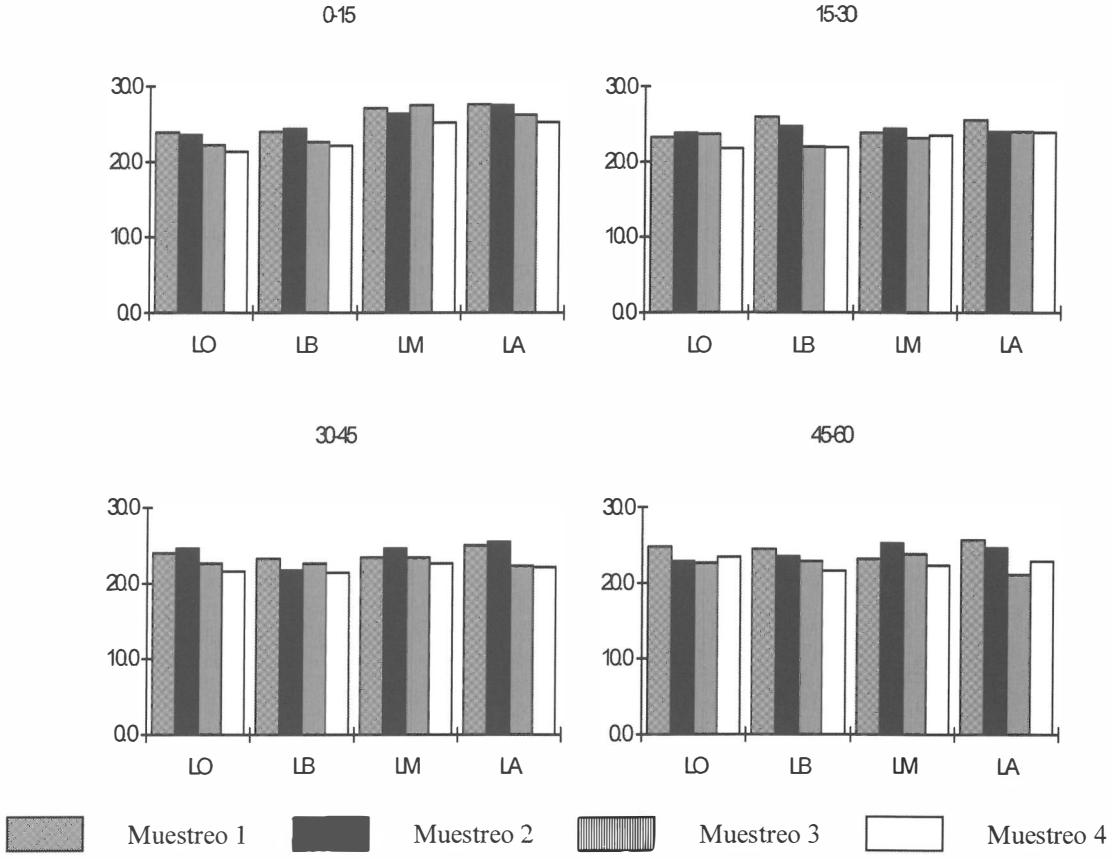

Figura 1: Contenido de Cr (mg/kg m.s.) en cada horizonte y tratamiento.

nificativa en el primer muestreo en todos los horizontes. Su concentración es muy baja y se aprecia una cierta relación con la presencia de lodo en el horizonte 0-15 cm. Sólo se detectaron concentraciones de cromo en el segundo muestreo del tratamiento más alto, no hallándose variación con la profundidad. Estas cantidades se obtuvieron en el tratamiento LA. Este metal es muy poco soluble. Los compuestos de Cr (III y VI) precipitan rápidamente en el suelo.

En el níquel se observa aumento significativo con el tratamiento en todos los horizontes, especialmente en los superiores. En las columnas tratadas se aprecia una tendencia a disminuir con la profundidad y con el tiempo. Sólo el níquel presente en el lodo parece ser el que se extrae en cantidades más relevantes. Los compuestos de Ni presentes en el lodo parecen ser más fáciles de solubilizar por acción del acetato amónico que en el caso del Cd y Cr. Es por ello importante tener en consideración la mayor movilidad de este metal frente a los otros dos.

Cadmio, cromo y níquel asimilable.

Al igual que sucedía con el extracto realizado con acetato amónico, la extracción con DTPA de Cd, Cr y Ni conduce a valores muy bajos, especialmente en el caso de Cd y Cr. Sin lugar a dudas resulta importante que los niveles de contaminantes asimilables sean los más bajos

PROPIEDAD		Valor	IC	PROPIEDAD		Valor	IC
Humedad gravim.	%	82	3	C. oxidable	%	19,7	2,8
M. org $_{500ºC}$	%	59,8	3,9	M. org $_{oxid.}$	%	33,9	4,8
Al	g/kg	11,33	1,18	Mg	g/kg	4,79	0,30
As	mg/kg	1,0	0,4	Mn	mg/kg	163	10
B	mg/kg	83	12	Mo	mg/kg	7	1
Ba	mg/kg	529	28	N	g/kg	41,17	1,07
Ca	g/kg	55,72	2,89	Na	g/kg	9,55	1,30
Cd	mg/kg	41,1	0,6	Ni	mg/kg	290	55
Cr	mg/kg	49	7	P	mg/kg	2375	256
Cu	mg/kg	411	48	Pb	mg/kg	101	6
Fe	g/kg	34,35	1,45	Sr	mg/kg	463	36
Hg	µg/kg	14	2	Ti	mg/kg	23	7
K	g/kg	1,37	0,14	V	mg/kg	96	12
Li	mg/kg	2,7	0,4	Zn	mg/kg	2261	126

Tabla 1: Composición del lodo (materia seca) de depuradora. IC: Intervalo de Confianza.

posibles para evitar su absorción en el caso de que el suelo fuera cultivado. Se observa un aumento significativo de la concentración de cadmio con el tratamiento en el nivel superficial, lo mismo que encontraron Hooda y Alloway (1993). En las columnas tratadas con lodo aparece disminución del contenido de cadmio con la profundidad. La disponibilidad de este metal está muy condicionada por interacciones con otros metales entre los que destacan Zn, Mn y Pb. El cromo sólo se detectó en los dos tratamientos superiores, encontrándose que se producen aumentos con la aplicación de lodo en todos los horizontes. Con el tiempo se muestra una tendencia a aumentar del primero al segundo muestreo, disminuyendo en el tercero de manera importante sobre todo en el nivel superior, y volviendo a aumentar al final de la experiencia. La determinación de Cr asimilable mediante el uso de agentes quelantes como EDTA y DTPA está muy limitada por la lentitud del proceso de intercambio de Cr complejado a Cr extraído con estos extractantes. Sin embargo, como indicativo del efecto de la adición de lodo sirve esta extracción, mostrando un efecto claramente positivo en el incremento de este metal en LM y LA. La disponibilidad del cromo está afectada por las interacciones con otros metales, sobre todo con Fe, Zn y Mn (Andrade Couce et al., 1.985). El níquel muestra variaciones significativas con los tratamientos en la mitad superior de la columna, permaneciendo la mitad inferior similar a los respectivos controles durante la experiencia. Con el paso del tiempo los contenidos de níquel van disminuyendo. Este hecho implica o bien una retención mayor de Ni por los componentes del suelo o bien su pérdida por lavado, con lo que debe de aparecer en los lixiviados. El uso de DTPA para evaluar la disponibilidad de Ni y Cd es válida ya que las constantes de estabilidad de sus quelatos son intermedias entre las de Zn y las de Cu y Mn.

Cadmio, cromo y níquel solubles.

En el primer muestreo, cadmio aumenta en los tratamientos con lodo respecto al control en todas las profundidades, aunque no se observa que sea directamente proporcional a la cantidad de lodo aplicado. No hay variaciones significativas con la profundidad. Por lo general los últimos muestreos presentan valores menores que los primeros. No hay variaciones significativas ni con el tratamiento ni con el muestreo en el caso del cromo. Sin embargo, se aprecia cierta solubilidad del metal que con otros extractantes (acetato amónico) no aparecía. El níquel aumenta significativamente en el nivel superficial con el tratamiento, en menor medida también en el horizonte 15-30 cm. En la mitad inferior de la columna no hay variación con respecto al control. En los tratamientos y muestreos en que se observa variación con la profundidad ésta es la disminución. En el horizonte 0-15 cm del segundo muestreo del tratamiento LA se produce una importante subida del contenido de níquel.

Cadmio, cromo y níquel presentes en los lixiviados.

Sólo se aprecia variación con el tratamiento en el cadmio en el tercer muestreo en el que aumenta con la aplicación de lodo (Tabla 2). En el resto de muestreos

Cd (µg/L)	Muestreo							
	1		2		3		4	
Tratamiento	Media	I.C.	Media	I.C.	Media	I.C.	Media	I.C.
LO	0,2	0,1	0,1	0,0	1,2	0,2	0,8	0,1
LB	0,2	0,2	0,1	0,0	1,1	0,1	0,8	0,2
LM	0,2	0,1	0,2	0,1	1,6	1,2	0,8	0,2
LA	0,2	0,1	0,1	0,1	4,5	1,0	0,8	0,4
F-ANOVA	0,61 ns		1,83 ns		77,61		0,10 ns	
Cr (µg/L)	**Muestreo**							
	1		2		3		4	
Tratamiento	Media	I.C.	Media	I.C.	Media	I.C.	Media	I.C.
LO	0,6	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,3	0,2
LB	0,8	0,2	0,5	0,1	0,8	0,2	0,9	0,2
LM	0,9	0,4	0,2	0,2	1,0	0,5	1,0	0,6
LA	1,0	0,9	0,4	0,4	1,6	0,5	1,0	0,5
F-ANOVA	1,92 ns		1,79 ns		10,99		10,78	
Ni (µg/L)	**Muestreo**							
	1		2		3		4	
Tratamiento	Media	I.C.	Media	I.C.	Media	I.C.	Media	I.C.
LO	0,7	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2
LB	1,2	0,1	1,2	1,3	0,3	0,3	0,3	0,3
LM	1,3	0,5	0,8	0,4	0,7	0,0	0,3	0,2
LA	1,8	0,5	1,4	0,9	0,9	0,4	0,4	0,1
F-ANOVA	21,69		5,24		25,78		1,21 ns	

Tabla 2: Contenido de Cd, Cr y Ni (µg/L) en los lixiviados.

no hay diferencias significativas entre el control y los tratamientos.

La presencia de compuestos orgánicos de bajo peso molecular, procedentes de la degradación de la materia orgánica en todos los tratamientos, desde LO a LA, puede favorecer el desplazamiento del Cd hacia las aguas de lavado. El cromo aumenta su concentración en los lixiviados con la aplicación de lodo. La mayor presencia de Cr en las aguas se produce coincidente con el Cd. Parece que en ambos casos ha tenido cierta influencia la degradación de la materia orgánica del suelo.

El níquel aumenta con la aplicación de lodo y disminuye con el tiempo, no existiendo diferencias entre el control y los tratamientos en el último muestreo. En este caso se aprecia inicialmente una mayor movilidad del metal que en los dos precedentes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Conselleria de Empresa, Universidad y Ciencia la financiación del proyecto GV05/25.

REFERENCIAS

Andrade Couce, M. L., A. Mateos Beato y F. Guitian Ojea. (1985). An. de Edaf. y Agrobiol. 44(7-8),1123-1139.

Genevini, P. L., A. Garbarino y P. Zaccheo (1986) Riv. Agron. 20, 58-62.

Hooda, P. S.; B. J. Alloway. 1.993. J. Soil Sci. 44:97-110.

Legret, M., Divet; L. and Juste, C. (1988). Wat. Res. 22(8), 953-959.

Williams, D. E., Vlamis; J., Pukite, A.H. y Corey, J.E. (1987). Sci. 143:124-131.