

3 C.15 - EFECTO DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DEL SUELO SOBRE LA SORCION DE HERBICIDAS Y SU LIXIVIACION

C. Alister, L. Cabezas, P. Gómez, M. Kogan

Centro de Investigación Agrícola y Ambiental (CIAA), Universidad de Viña del Mar, Chile.
calister@uvm.cl

Resumen: Debido a la importancia actual en torno a la lixiviación de plaguicidas en el suelo, y en especial herbicidas, se hace muy necesario disponer de índices simples, que permitan fácilmente determinar cuan profundo podría llegar un compuesto en el suelo. En este trabajo preliminar, realizado en columnas de suelo disturbadas se estudió el movimiento en profundidad de 4 herbicidas en 5 suelos de alta importancia agrícola en Chile, se buscó relacionar propiedades de suelo y de sorción de los herbicidas (adsorción y desorción) con la lixiviación. Simazina, diuron, terbutilazina y MCPA fueron aplicados en columnas de PVC del 50 cm de largo y 11 cm de diámetro llenas con suelos: Andisol, Ultisol, Entisol y dos suelos Inceptisol. Una vez aplicados los herbicidas se realizaron 5 riegos simulados de 24 mm cada 24 horas. Una vez que las columnas detuvieron su proceso de lixiviación fueron seccionadas en 5 estratos, y se determinó la cantidad de herbicida presente en cada estrato por medio de HPLC-DAD. Para todos los herbicidas estudiados el menor movimiento se determinó en el suelo Andisol (10 cm) y el mayor en el suelo Ultisol (50 cm). Al relacionar el movimiento en profundidad de estos herbicidas con las propiedades del suelo se encontró que los tres principales factores fueron arcilla (41%), carbono orgánico (35%) y arena (15%). En base a estos resultados preliminares se determinó que el K_d explicaría en un 51% la profundidad alcanzada por los herbicidas estudiados.

Palabras clave: Adsorción, desorción, Triazinas, MCPA, diuron.

INTRODUCCION

La preocupación respecto a la contaminación del agua con plaguicidas, y en especial herbicidas, es un punto de vital importancia nivel mundial. Esto se ve reflejado en el gran número de publicaciones que van apareciendo respecto a la dinámica de los plaguicidas en el ambiente (PIONKE *et al.*, 1992; BOESTEN, 2000; GONCALVES *et al.*, 2007; TAO *et al.*, 2008). Sin embargo, en los países latinoamericanos, en general, aún es un tema que está en desarrollo. Particularmente, en Chile, este conocimiento aun es escaso, y por lo tanto limita la capacidad del país para enfrentar el problema desde un punto de vista más técnico. Al no tener información local en torno a la dinámica de los plaguicidas, y sus interrelaciones con el ambiente, en especial el suelo, no permite la validación ni el desarrollo de modelos adecuados que permitan predecir el comportamiento de nuevos compuestos en las condiciones productivas del país.

Dentro de los principales fenómenos que controlan la dinámica en el ambiente de un plaguicida, están la degradación (química y biológica), volatilización, lixiviación, y la sorción que de cierta forma está controlando la velocidad con se producen los otros fenómenos (CHARNAY *et al.*, 2005; PAPIERNIK *et al.*, 2006). Al considerar esta premisa, uno puede pensar que es posible estimar la magnitud de los otros fenómenos, como la lixiviación, solo al determinar el grado de relación que existe entre un suelo y un plaguicida. En base a esto, y como una forma de comenzar a generar una base de información local, se realizó este estudio en columnas de suelo disturbadas con la finalidad de

determinar la relación de las principales propiedades del suelo sobre la adsorción-desorción de cuatro herbicidas, y su posible relación con la lixiviación.

MATERIALES Y METODOS

Se seleccionaron cinco suelos de diferentes características físico-químicas (Tabla 1). Estos fueron tamizados a 2 mm y se colocaron dentro de columnas de PVC 50 cm-largo y 11 cm-diámetro, las que fueron llenadas hasta los 45 cm de altura. En la base de estas se colocaron receptáculos de PVC ajustados herméticamente, y llenos de arena de cuarzo y una malla plástica para evitar el escurrimiento del suelo por la base de la columna. Estas columnas, en duplicado para cada suelo, fueron puestas en un soporte, y en su parte superior se instaló un sistema de microaspersión con el cual fueron llevadas a saturación. Cuarenta y ocho horas después se aplicaron los 4 herbicidas seleccionados (Tabla 2). Pasadas 24 horas después de la aplicación de los herbicidas se simuló una lluvia diaria de 24 mm con una duración de 4 minutos por 5 días.

Cuarenta y ocho horas después que se detuvo el drenaje del agua, cada columna fue abierta en forma longitudinal mediante dos cortes laterales quedando expuesto el perfil intacto del suelo. Esta columna de suelo fue separada en 5 segmentos: 0-10; 10-20; 20-30; 30-40 y bajo 40 cm. Paralelamente al desarrollo del estudio de lixiviación se determinaron los coeficientes de adsorción y % de desorción de los herbicidas en cada suelo. Para esto se siguió el protocolo de pruebas de "batch", colocando soluciones de CaCl_2 0,01 M (6 mL) con una concentración equivalente a un 50% de la solubilidad de cada herbicida, en tubos de centrifuga de polipropileno con 3 gramos de suelo. Los herbicidas fueron cuantificados mediante HPLC con detector DAD.

Tabla 1. Propiedades físico-químicas de los suelos.

Suelo	pH	CE	CIC	CO	Arcilla	Limo	Arena
		mmhos cm^{-1}	meq 100 g^{-1}		%		
Andisol	5.52	0.38	61.40	10.63	16.9	58.0	25.1
Entisol	6.29	0.10	4.98	2.03	6.9	10.0	83.1
Inceptisol	7.88	0.68	16.40	1.90	20.9	56.0	23.1
Inceptisol	7.57	0.12	20.50	1.79	33.7	26.7	39.6
Ultisol	5.50	0.03	28.60	1.09	76.9	16.0	7.1

* CE: conductividad eléctrica; CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico; CO: Carbono orgánico.

Tabla 2. Propiedades físico-químicas de los herbicidas utilizados en el estudio y valores promedio de literatura para TD_{50} , K_d and K_{oc} , Índice GUS y dosis agrícola.

Herbicida	Solubilidad	TD_{50}	pka	Log K_{ow}	K_d	K_{oc}	Índice GUS**	Dosis Kg ia ha^{-1}
	ppm*	Dias						
Terbutilazina	8,5	55	2.0	3,21	3,3	191.0	Lixiviable	2.5
Simazina	6.0	60	1.62	2.3	1.8	130.0	Lixiviable	2.5
Diuron	35,6	75	N/A	2,87	16	1067	Transición	2.0
MCPA	825	25	3.09	2,8	0,5	110.0	Transición	1.1

* Solubilidad a 25°C **GUS=($\text{TD}_{50} \cdot (4 - \log(K_{oc}))$); N/A= No aplica

** Fuente: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/>

RESULTADOS Y DISCUSION

Cada uno de los herbicidas estudiados presentaron profundizaciones variables dependiendo del suelo y de sus propiedades físico-químicas (Figura 1). Solo en el suelo Andisol, los cuatro herbicidas quedaron retenidos en los primeros 10 cm del suelo. Por otro lado en el suelo Ultisol todos los herbicidas recorrieron el perfil completo de la columna.

Al relacionar los parámetros de adsorción, desorción y propiedades físico-químicas del suelo (pH, CE, CIC, CO, arena, limo y arcilla) con el movimiento en profundidad se encontró que los dos principales factores correlacionados eran la adsorción ($r=-0,74$; $p=0,0002$) y la desorción ($r=0,69$; $p=0,0006$). Para el caso de la masa que se moviliza bajo los 10 cm en las columnas la correlación con la adsorción fue de $r=-0,71$ ($p=0,0004$) y con la desorción de $r=0,44$ ($p=0,04$). Considerando que los parámetros de adsorción y desorción son los que estarían explicando en un mayor porcentaje el movimiento en profundidad de los herbicidas en las columnas de suelo, se realizó un análisis de regresión múltiple y se encontró que el K_d explicaría el 51% ($p=0,0004$) de la profundidad alcanzada por los herbicidas y la masa lixiviada bajo los 10 cm.

Simazina y terbutilazina mostraron al contenido de carbono orgánico como principal factor que está afectando el K_d , pero su desorción sería explicada principalmente por la arcilla, o sea, el herbicida que quedaría retenido por la arcilla, sería el primero en ser devuelto a la solución. MCPA mostró un comportamiento más estable, ya que al ser un ácido respondió al pH del suelo y a la capacidad de intercambio catiónico de este. Diuron es un caso particular, ya que no mostró respuesta al CO, pero sí a la arcilla, lo cual a primera vista parece ser contrario a lo esperado para este herbicida, sin embargo, al analizar los datos experimentales (Figura 2) se observa que la relación se pierde con los suelos Entisol e Inceptisol, en donde un contenido de CO similar presenta diferentes K_d . Esto indicaría la importancia de otro factor, y que es la composición del carbono orgánico determinado en el suelo, ósea el contenido de los compuestos húmicos y fúlvicos presentes.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en estos estudios en columnas de suelos disturbados muestran que el fenómeno de la lixiviación de los herbicidas estudiados sería principalmente explicado por la adsorción de estos en los diferentes suelos. Tomando en cuenta las otras variables como lo son las propiedades físico-químicas del suelo, en especial el contenido y composición del carbono orgánico, pH y contenido y tipo de arcilla, sería posible desarrollar un estimador simple que permita predecir la lixiviación de los plaguicidas en el suelo.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto es financiado por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología del gobierno de Chile, proyecto FONDECYT N° 11085003.

BIBLIOGRAFIA

- PIONKE, H.; GLOTFELTY, A.; LUCAS, A.; URBAN, J. (1992). Pesticide contamination of groundwaters in the Mahantango Creek Watershed. *J Environ Qual* 17: 76-84.
- BOESTEN, J. (2000). From laboratory to field: uses and limitations of pesticide behavior models for the soil/plant system. *Weed Res.* 40: 123-138.
- GONCALVES, C.; DA SILVA, J.; ALPENDURADA, M. (2007). Evaluation of the pesticide contamination of groundwater sampled over two years from a vulnerable zone in Portugal. *J Agr Food Chem.* 55 (15), 6227-6235.
- CHARNAY, M.; TUIS, S.; COQUET, Y.; BARRIUSO, E. (2005). Spatial variability in ^{14}C -herbicide degradation in surface and subsurface soils. *Pest Manag Sci.* 61(9): 845-855
- PAPIERNIK, S.; KOSKINEN, W.; COX-RICE, P.; CLAY, S.; WERDIN-PFISTERER, N.; NORBERG, K. (2006). Sorption-desorption of imidacloprid and its metabolites in soil and vadose zone materials. *J Agr Food Chem.* 54(21): 8163-8170.
- TAO, S.; LIU, W.; LI, Y.; YANG, Y.; ZUO, Q.; LI, B.; CAO, J. (2008). Organochlorine pesticides contaminated surface soil as reemission source in the Haihe Plain, China. *Environ. Sci. Technol.* 42 (22): 8395-8400.

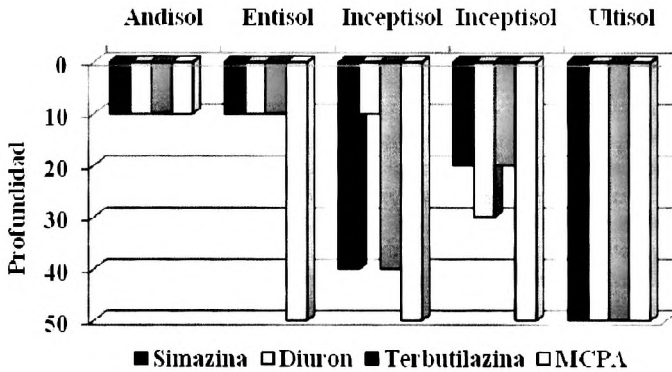


Figura 1. Movimiento de los herbicidas en las columnas con los suelos estudiados después de recibir cinco lluvias simuladas de 24 mm cada una.

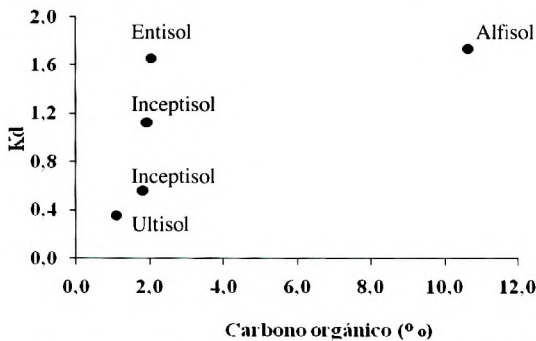


Figura 2. Relación entre el contenido de carbono orgánico de los suelos y el coeficiente de adsorción de diuron.

Summary: Effect of physicochemical soil properties on herbicide sorption and leaching. Actually soil pesticides leaching, mainly herbicides movement is an important environmental issue. Simple indexes to determine how depth herbicides can reach in the soil profile could be very useful tools. In this preliminary disturbed lysimeter work, leaching of four herbicides in five Chilean agricultural soils was studied. Simazine, terbutylazine, diuron and MCPA were applied to the top of 50 cm high and 12 cm diameter PVC columns, filled with Andisol, Ultisol, Entisol and two Entisol soils. After herbicide applications lysimeters received 24mm of water every 24h for five days. Once the leachate process stopped from the lysimeters, they were divided in five sections and herbicide concentrations were quantified using HPLC- DAD. Relationships between soil physicochemical properties, herbicides sorption (adsorption, desorption) and herbicide leaching were determined. All studied herbicides showed their lowest leaching at the Andisol soil (10cm) and the highest at the Ultisol soil (50cm). Herbicide soil depth movement was related mainly to clay (41%), organic carbon (35%) and sand (15%) contents. K_d values would explain in a 51% soil depth reached by the studied herbicides (Supported by FONDECYT 11085003).

Keywords: Adsorption, desorption, Triazines, MCPA, diuron.