

EVALUACIÓN DEL ESCURRIMIENTO DE GLIFOSATO Y PRESENCIA EN AGUA DE LLUVIA Y SUELO DE ZONAS ALEDAÑAS A PARCELAS AGRÍCOLAS

Glyphosate runoff and its occurrence in rainwater and a riparian soil in the nearby agricultural fields

Lupi, Leonardo¹; Bedmar, Francisco²; Puricelli, Marino³; Marino, Damián⁴; Aparicio, Virginia C.³; Wunderlin, Daniel⁴; Miglioranza, Karina⁵

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud (INICSA), UNC, CONICET. ²Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP. ³EEA, INTA Balcarce. ⁴CIMA, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. ⁵ICYTAC, Facultad de Ciencias Químicas, UNC, CONICET. ⁵IIMyC, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNMdP, CONICET.

lupi@mdp.edu.ar

Palabras clave: deriva, balance de masa, microparcela, plaguicidas.

Resumen

El glifosato es un herbicida muy utilizado en cultivos transgénicos. Se evaluó su capacidad de transporte superficial y por deriva mediante un ensayo de escurrimiento, y su presencia en agua de lluvia y suelo subsuperficial de una parcela agrícola y una zona riparia adyacente. Se aplicó glifosato a microparcelas, se simuló una lluvia, y se cuantificó en suelo y agua de escurrimiento. En el ensayo se determinó que el 88% de lo aplicado se retuvo en el suelo (0-9 cm), el 4% escurrió y el 7% representó la deriva, siendo el lixiviado despreciable. Se detectó glifosato en el 52% de las muestras de agua de lluvia en eventos de bajo volumen (<20 mm). Se detectó glifosato en cantidades traza en ambos perfiles de suelo. El glifosato se transportó a zonas no blanco por escurrimiento y deriva afectando la calidad del aire y agua de lluvia de ambientes rurales.

Abstract

The glyphosate is a systemic herbicide widely applied in genetic modified crops. The off-site transport of glyphosate was assessed in a runoff microplot experiment. The retention and transport of glyphosate in runoff and spray drift was evaluated after its application and rainfall simulation. Subsurface soil and rainwater samples from a riparian zone neighbor to agricultural fields were also analyzed. In the experiment was observed that 88% was retained in the surface soil (0-9 cm), 4% and 7% was transported by runoff and spray drift, respectively; while the leachate was negligible. Glyphosate was detected in 52% of rainwater samples, mainly in low-volume rain events (<20 mm). The agricultural and riparian soil profile showed trace amount of glyphosate. The pesticide was transported to non-target areas by runoff and spray drift, degrading air and rainwater quality in rural areas.

Introducción

El glifosato es el principal herbicida utilizado en cultivos transgénicos en la Argentina y en el mundo. El glifosato ha sido clasificado por la Agencia de Investigación en Cáncer – IARC en el año 2015 como probable carcinogénico para humanos (grupo 2A), siendo su uso y ocurrencia en el ambiente de gran preocupación. Estudios recientes han declarado a este herbicida como “pseudo-persistente” debido al incremento de sus concentraciones en suelos agrícolas por reiteradas aplicaciones (Primost *et al.*, 2017:771). El empleo masivo de productos a base de glifosato permite su transporte hacia zonas no blanco, pudiendo encontrarlo en zonas naturales y distintas matrices del ambiente acuático (Berman *et al.*, 2018:513; Lupi *et al.*, 2015:687; Ronco *et al.*, 2016:1; Chang *et al.*, 2011:552). El objetivo del trabajo fue evaluar el transporte de glifosato hacia zonas no blanco mediante un ensayo de escurrimiento y determinar su presencia en agua de lluvia y suelo subsuperficial de una parcela agrícola y una zona riparia adyacente.

Materiales y métodos

Para el ensayo de escurrimiento se extrajeron columnas de suelo no disturbadas ($n = 9$) de 20 cm de diámetro y 9 cm de profundidad de una parcela agrícola (PA) de la zona de Nicanor Olivera (Estación La Dulce), Provincia de Buenos Aires (Figura 1). El suelo presentaba una estructura masiva y una textura franco arenosa con un bajo contenido de arcilla y limo (12% y 14%, respectivamente, Lupi *et al.*, 2015:687). Las muestras se humedecieron a capacidad de campo, y se realizó un tratamiento con glifosato (T1-T6: $n = 6$, dosis 3 L/ha) en condiciones controladas (con mochila y en ausencia de viento). Las muestras restantes sin tratar (C1-C3: $n = 3$) se las reservó para control. Posteriormente, se simuló un evento de lluvia frecuente (intensidad: 20 mm/h; duración: 2,5h; pendiente del terreno: 2°; recurrencia 2 años) a todas las muestras (tratamientos y controles). Para estimar la deriva, se realizó una aplicación idéntica sobre hojas de papel de filtro (testigos) y se analizó la cantidad de producto que alcanzó los testigos en relación a la dosis total mediante 3 métodos distintos: gravimetría, cuantificación del principio activo y estimación de deriva con tarjetas sensibles al agua. Para el estudio ambiental se extrajeron muestras de suelo subsuperficial (40-100 cm) de PA y de una zona riparia (ZR) localizada entre PA y el Río Quequén Grande (RQG, Figura 1). Se recolectaron muestra de agua de eventos de lluvia en ZR durante un año ($n = 23$). Se analizó el contenido de glifosato y AMPA de cada muestra por duplicado mediante UPLC-MS/MS (Lupi *et al.* 2015:689). Se determinaron propiedades fisicoquímicas en el suelo (CO: contenido de carbono orgánica y Fe: hierro total) y en las muestras de agua de lluvia (conductividad y sólidos totales) registrando el volumen de cada precipitación.

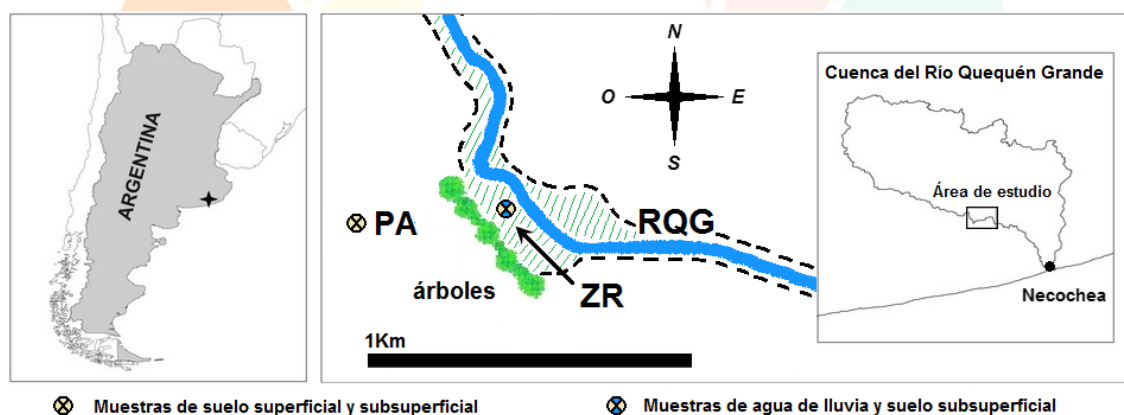


Figura. 1. Área de estudio y sitios de muestreo: parcela agrícola (PA) y zona riparia (ZR, zona de líneas) aledaña al Río Quequén Grande (RQG)

Resultados

Los tres métodos implementados para medir la cantidad de glifosato que alcanzó el suelo arrojaron similares resultados (gravimétrico: 95%, UPLC-MS/MS: 93%, tarjetas sensibles al agua: 91%, ANOVA: $P > 0,05$). Si bien la aplicación se realizó en condiciones para generar mínima la deriva (aplicación con mochila y en ausencia de viento), se la estimó en 7%. De la fracción que alcanzó las muestras de suelo, el 75% se retuvo en la capa más superficial (0-5 cm) mientras que un 13% se transportó a la capa 5-9 cm, indicando un transporte del glifosato durante el experimento (Figura 2). No se observó correlación con el contenido de CO o Fe de las capas de suelo ($P > 0,05$). La reducción promedio en el volumen de escurrimiento en tratamientos en relación a controles (Figura 2, $P < 0,05$) se relacionó con la presencia heces de lombrices en los tratamientos, las que la infiltración reduciendo el escurrimiento. Se observó un incremento del 14% en el contenido de AMPA en el suelo producto de la degradación del glifosato aplicado, durante el experimento y almacenado de muestras (5 hs). Bento *et al.*, (2016:301) reportaron similares resultados en estudios de degradación de glifosato en suelos saturados con agua. Las concentraciones de tratamientos en escurrimiento mostraron concentraciones superiores a normativas nacionales e internacionales para agua superficial (Subsecretaría de Recursos Hídricos - SRHRA, 2003: 240 $\mu\text{g/L}$). La lixiviación del glifosato resultó ser despreciable (1%, $P > 0,05$).

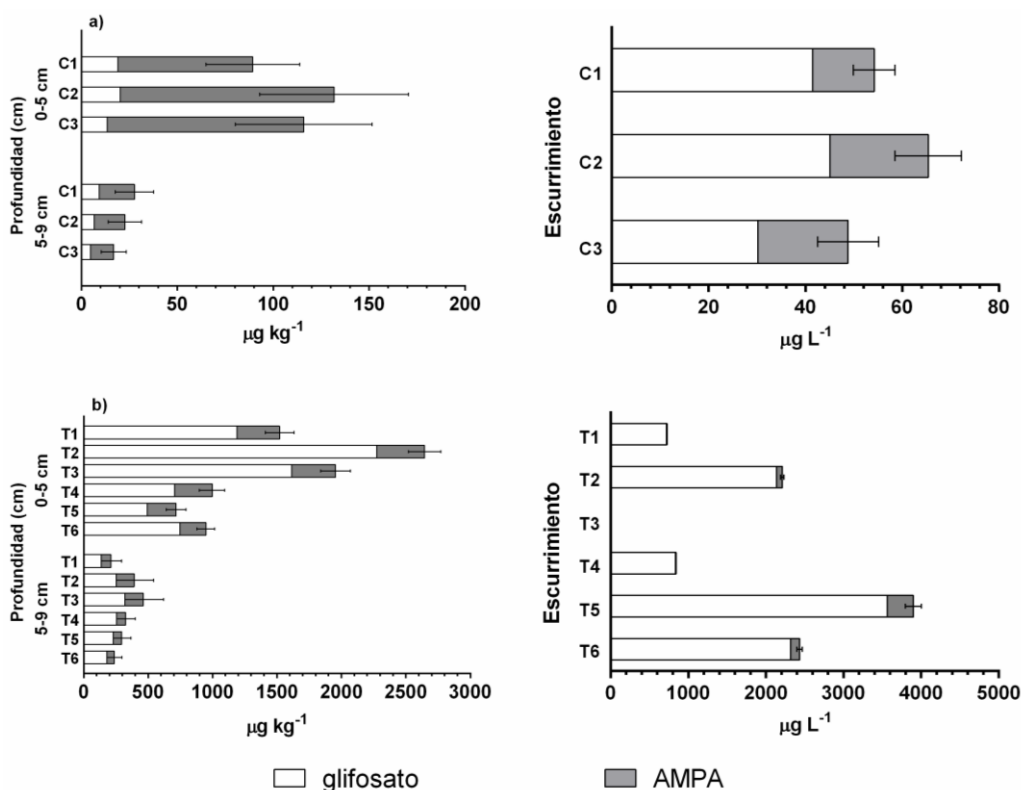


Figura 2. Concentraciones de glifosato y AMPA en las capas de suelo ($\mu\text{g}/\text{kg}$) y en agua de escurrimiento ($\mu\text{g}/\text{L}$) de controles a) y tratamientos b). Las barras indican la diferencia relativa porcentual (suelo: control 35%, tratamientos 54%; escurrimiento: control 7%, tratamiento 1%).

En agua de lluvia se detectó glifosato y AMPA en el 52% y 13% de las muestras, respectivamente (Figura 3). El 75% y 66% de los resultados positivos correspondieron a eventos de bajo volumen y conductividad ($<20\text{ mm}$ y $<20\ \mu\text{S}/\text{cm}$), observándose un incremento lineal en el contenido de glifosato con el volumen de precipitación hasta los 25 mm ($R: 0,61$; $P < 0,05$; $n=7$). Chang *et al.* (2011:554) reportaron que una precipitación de 30 mm es suficiente para remover el 90% del glifosato en la atmósfera. Volúmenes superiores diluirían el contenido de glifosato en la muestra analizada. El contenido medio de glifosato + AMPA ($2,7\ \mu\text{g}/\text{L}$), superaron los límites intencionales para agua de bebida (European Union, 2006: $0,5\ \mu\text{g}/\text{L}$). Estos niveles son similares a los reportados por Chang *et al.*, (2011:552).

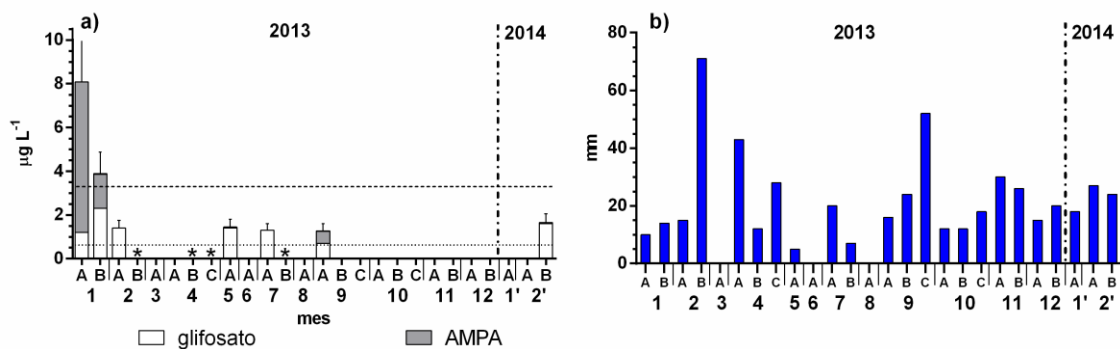


Figura 3. Concentraciones de glifosato y AMPA en eventos de lluvia colectados en ZR a) y volumen de precipitaciones b). Los asteriscos indican presencia de glifosato (LD: $0,25\ \mu\text{g}/\text{L}$). Las barras muestran la diferencia relativa porcentual (25%). Las letras mayúsculas corresponden a diferentes eventos en un mismo mes

Se detectaron similares cantidades traza de glifosato en el perfil de ZR y PA (Figura 4). La presencia de glifosato en zonas naturales sin aplicación directa y donde el transporte por escurrimiento es desfavorable, puede justificarse por procesos de deriva y deposición húmeda. La degradación de glifosato a AMPA se produce principalmente por microorganismos presentes

en las capas óxicas del suelo, reduciéndose drásticamente con la profundidad (Bergström *et al.*, 2011:107). Asimismo, el AMPA presenta menor movilidad que el glifosato (Candela *et al.* 2010:2515), justificando no haberlo detectado en el suelo subsuperficial (Figura 4).

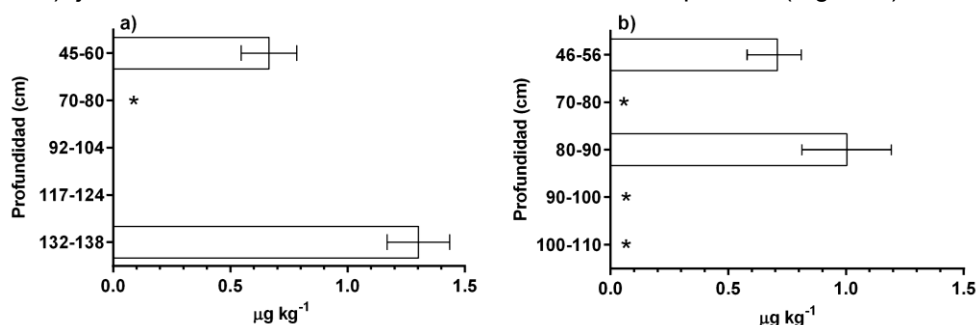


Figura 4. Concentración de glifosato en el perfil de suelo de ZR a) y PA b). Los asteriscos indican presencia de glifosato (LD: 0,3 µg/kg). Las barras muestran la diferencia relativa porcentual (24%)

Conclusiones

Aún en condiciones óptimas para minimizar la deriva, ésta representó la mayor fracción de producto transportado fuera del sitio de aplicación; por lo que debería ser considerada en los estudios de escurrimiento y lixiviación en los que se realiza balance de masas. Se espera que el riesgo de contaminación del agua subterránea sea bajo en comparación con el agua superficial considerando una baja o nula lixiviación para los suelos estudiados. La deriva degrada la calidad del aire en zonas rurales, permitiendo encontrar niveles de glifosato y AMPA en agua de lluvia, excediendo el límite para el consumo de agua de bebida de forma segura. La remoción de plaguicidas por eventos de lluvia repercute en las zonas riparias circundantes a las áreas de producción agrícola.

Bibliografía

- BENTO, C. P. M., YANG, X., GORT, G., XUE, S., VAN DAM, R., ZOMER, P. y V. GEISSEN, 2016. Persistence of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in loess soil under different combinations of temperature, soil moisture and light/darkness. *Science of The Total Environment*, 572, 301–311. Amsterdam: Elsevier.
- BERGSTRÖM, L., BÖRJESSON, E., y J. STENSTRÖM. 2011. Laboratory and lysimeter studies of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in a sand and a clay soil. *Journal of Environmental Quality*, 40(1), 98–108. Madison: ASA, CSSA, and SSSA.
- BERMAN, M. C., MARINO, D. J. G., QUIROGA, M. V., y H. ZAGARESE. 2018. Occurrence and levels of glyphosate and AMPA in shallow lakes from the Pampean and Patagonian regions of Argentina. *Chemosphere*, 200, 513–522. Amsterdam: Elsevier.
- CANDELA, L., CABALLERO, J., y D. RONEN. 2010. Glyphosate transport through weathered granite soils under irrigated and non-irrigated conditions-Barcelona, Spain. *The Science of the Total Environment*, 408(12), 2509–16. Amsterdam: Elsevier.
- CHANG, F., SIMCIK, M. F., y P. D. CAPEL. 2011. Occurrence and fate of the herbicide glyphosate and its degradate aminomethylphosphonic acid in the atmosphere. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30(3), 548–55. New York: SETAC.
- EUROPEAN UNION. 2006. Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration. *Official Journal of the European Union*, 19(L372), 19–31. Strasbourg: EECC.
- LUPI, L., MIGLIORANZA, K. S. B., APARICIO, V. C. V. C., MARINO, D., BEDMAR, F., y D. A. WUNDERLIN. 2015. Occurrence of glyphosate and AMPA in an agricultural watershed from the southeastern region of Argentina. *Science of the Total Environment*, 536, 687–694. Amsterdam: Elsevier.
- PRIMOST, J. E., MARINO, D., APARICIO, V. C., COSTA, J. L., y CARRIQUIBORDE, P. 2017. Glyphosate and AMPA, “pseudo-persistent” pollutants under real-world agricultural management practices in the Mesopotamic Pampas agroecosystem, Argentina. *Environmental Pollution*, 229, 771–779. Amsterdam: Elsevier.
- RONCO, A. E., MARINO, D. J. G., ABELANDO, M., ALMADA, P., y C. D. APARTIN. 2016. Water quality of the main tributaries of the Paraná basin: glyphosate and AMPA in surface water and bottom sediments. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 13. Berlin: Springer.