



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO
X CONGRESSO BRASILEIRO
V SEMINÁRIO DO DF e ENTORNO
12-15 SETEMBRO 2017
BRASÍLIA- DF, BRASIL

Tema Gerador 10

Agrotóxicos e Transgênicos



Uso del glifosato como trazador ambiental, para evaluar el impacto de la agricultura extensiva sobre suelos agroecológicos. Estudio de caso.

Use of Glyphosate as environmental tracer to evaluate impact of extensive agriculture on agro-ecological soils. Study of case

BERNASCONI, Constanza^{1,2}; DEMETRIO, Pablo ^{1,2}; CERDÁ, Eduardo ³; SARANDON, Santiago J ^{3,4}; MARINO, Damián ^{1,2}.

¹-Centro de Investigaciones del Medio Ambiente-Facultad de Ciencias Exactas-UNLP, calle 47 y 115-1900 La Plata damianm@quimica.unlp.edu.ar; ²-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas-CONICET; ³-Cátedra de agroecología-Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales-UNLP; ⁴-Comisión de Investigaciones Científicas de Buenos Aires-CIC BA

Eje temático: Agrotóxicos y los Organismos Genéticamente Modificados

Resumen

En los últimos años las actividades productivas en Latinoamérica se han expandido acompañadas del paquete tecnológico basado en OGM, siembra directa y el uso de agrotóxicos de manera creciente. Esta demanda química ha llegado a más de 1.500 millones de litros de formulaciones de agrotóxicos para Brasil, Paraguay y Argentina en la última campaña. Conjuntamente han surgido emprendimientos agroecológicos que se desarrollan en zonas rodeadas por prácticas convencionales. El objetivo del trabajo fue evaluar el impacto sobre suelos de un sistema agroecológico por parte del convencional, de base química, usando como molécula trazadora al Glifosato y su metabolito AMPA. Los Resultados muestran que en ambos sistemas se observa la presencia del herbicida (a pesar de que en el agroecológico no se utilice) existiendo diferencias significativas entre ellos. Además se observa una tendencia a la disminución en los valores de las medianas, a medida que se incrementa la distancia a la fuente.

Palabras claves: Glifosato; impacto ambiental; agrotóxicos.

Abstract

In recent years productive activities in Latin America have expanded at the expense of the incorporation of the technological package based on GMO, direct sowing and pesticide use, both type and amounts. This chemical demand has reached more than 1,500 million of liters of commercial pesticide formulations for Brazil, Paraguay and Argentina, in the last campaign. Agro-ecological ventures have developed in areas surrounded by conventional chemical-based practices. The objective of the present work was to evaluate the impact, on soils of an agroecological system, by the conventional model, using as a tracer molecule the glyphosate and its environmental metabolite AMPA. The results show that, regardless of the samples taken, there are statistical significant differences between the environmental levels and that the agro-ecological field is reached by this compound, although it is not used. In addition, there is a tendency to decrease in the values of the medians, as the distance to the source increases.

Keywords: Glyphosate; Environmental Impact; Pesticides.



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO
X CONGRESSO BRASILEIRO
V SEMINÁRIO DO DF e ENTORNO
12-15 SETEMBRO 2017
BRASÍLIA- DF, BRASIL



Introducción

En las últimas décadas, la producción agrícola de OGM se ha intensificado en todo el mundo (Woodburn, 2000). En particular Argentina es el tercer país de América en la producción de transgénicos, siendo el cultivo de soja el más expandido, con un total de 19,3 millones de ha. implantadas en la última campaña (BCR, 2017). Asociado a los OGM, se adoptó el uso del paquete tecnológico (siembra directa y agrotóxicos) (FAO, 1990; Pengue, 2000) que trajo consigo consecuencias socioculturales, económicas y ambientales. Dentro de los agrotóxicos, el herbicida más utilizado a nivel mundial es el glifosato (Woodburn, 2000) y particularmente en Argentina representa el 82% del consumo total de herbicidas, equivalente a 200 millones de Kg/L/año aplicados (CA-SAFE, 2012). El principal producto de degradación de glifosato es el ácido aminometil-fosfónico (AMPA) (Rueppel *et al.*, 1977). Por sus características, el glifosato, se asocia fuertemente a los componentes del suelo (Lupi *et al.*, 2015). Frente a todo este escenario se plantea la necesidad de avanzar hacia sistemas sustentables y es aquí donde la agroecología toma protagonismo, existiendo experiencias concretas y cada vez mayor interés en lograr este cambio. (Altieri, 1999, Marasas *et al.*, 2014). Sin embargo, la dinámica ambiental de los plaguicidas, estabilidad en los distintos compartimentos ambientales y su ingreso continuo (Loewy, 2011), favorecen a que estos sistemas agroecológicos reciban y se vean afectados por los compuestos provenientes de otros sistemas agroproductivos convencionales. Es en este marco, que se plantea el **objetivo** de evaluar la presencia y concentración de glifosato en suelos, como trazador químico específico, en un establecimiento agroecológico rodeado de sistemas convencionales.

Metodología

Como sistema de estudio se seleccionó un establecimiento de producción extensiva de base agroecológica. El mismo cuenta con más de 10 años de este manejo productivo, y se encuentra rodeado de sistemas convencionales donde la aplicación de agrotóxicos es usual. El establecimiento estudiado “La Aurora”, está situado en el Partido de Benito Juárez, Prov. de Bs As, Argentina, reconocido por la FAO como un establecimiento modelo, en su tipo, para Latinoamérica. Es de actividad agrícola y ganadera y desde el año 1997 comenzó un proceso de transición hacia un sistema más sustentable, de base agroecológica, sin utilización del herbicida estudiado (Cerdá *et al.*, 2014). Tiene una superficie de 650 has totales de las cuales 186 corresponden a “bajos”, 152 a cerros y 297 a suelos agrícolas (Iermanó, 2015), tal como se muestra en la Figura 1.



Figura 1: Esquema de la zona de estudio y los sitios de muestreo.

Muestreo: Se realizaron dos muestreos de suelos en el año 2016, uno en julio y otro en noviembre, con el fin de evaluar las posibles variaciones en los niveles ambientales de glifosato (Glifo) y AMPA, como consecuencia de la intensidad de su uso según los ciclos productivos (Marino y Ronco, 2005). Se seleccionaron puntos de muestreo (Figura 1) según la extensión espacial y las características de contorno con productores vecinos tomando transectas a distintas distancias desde los límites con campos vecinos (a 10, 40 y 60 m del límite). En cada sitio seleccionado se colectaron muestras de suelo superficial, primeros 10 cm (Feng y Thompson, 1990), tanto en el campo vecino convencional como en el establecimiento agroecológico. Se seleccionaron 9 sitios en total, y las muestras extraídas a campo para el primer muestreo fueron $n = 26$ y en el segundo muestreo $n = 30$. En Laboratorio se homogenizaron y tamizaron, para la posterior determinación de Glifo y AMPA, previo análisis del contenido de humedad para la expresión de Resultados.

Análisis de Glifo y AMPA: 5 g de suelo fueron sobreagregados con ^{13}C - ^{15}N -Glifo, extraídos y derivatizados con FMOC-Cl, siguiendo los lineamientos de Aparicio *et al.*, 2013. Los derivados se analizaron por HPLC-ESI-MS siguiendo iones de cuantificación y confirmación para cada analito evaluado (Meyer *et al.*, 2009). El seguimiento y evaluación del método analítico fue realizado por la cuantificación del ^{13}C - ^{15}N -Glifo en cada muestra, utilizando la recuperación como criterio de calidad (R%). La cuantificación se realizó por el método del estándar externo, con curva de calibración.

Análisis de datos: Se utilizaron pruebas no paramétricas basadas en rangos para evaluar diferencia estadística entre dos muestras (Wilcoxon) o más de dos muestras (Kruskal-Wallis) independientes. En este último caso si la prueba resultaba significativa se realizó comparaciones múltiples *a posteriori*. En todos los casos el nivel de significancia considerado es de 0,05.



Resultados Y DISCUSIÓN

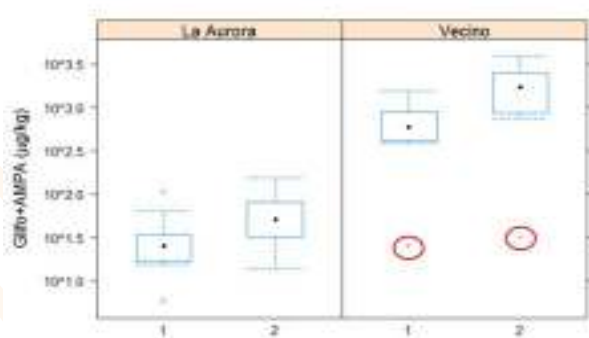
Las recuperaciones del método analítico fueron satisfactorias ($82,5 \pm 10,8\%$) las cuales se utilizaron para la cuantificación (Aparicio *et al.*, 2013). Los rangos de humedad por peso seco, estuvieron entre 5 y 20% según los sitios y campañas de muestreo. La frecuencia de detección de los analitos estudiados en el total de las muestras ($n = 56$) fue del 96% tanto para la suma del compuesto parental y su metabolito (Glifo +AMPA) como para Glifo solamente, y para AMPA fue del 62 %. Analizando el conjunto de datos de ambas campañas, se observa que las medias de las concentraciones halladas para Glifo y AMPA en los campos vecinos, son 12 y 27 veces mayores en Referencia a La Aurora.

Tabla 1: Rango de concentraciones y frecuencia de detección de Glifo y AMPA

Variable ($\mu\text{g/Kg}$)	n	Media	D.E.	Mín	Máx	Mediana	Frecuencia de detección (%)
Glifo +AMPA	54	401	787	5,9	3905	51	96,4
Glifo	54	112	217	5,9	1183	32	96,4
AMPA	35	450	673	7,5	2722	63	62,5

D.E.: desviación estándar, Mín: valor mínimo cuantificado, Máx: valor máximo cuantificado

En las Figura 2 se muestran las concentraciones halladas para Glifo +AMPA para La Aurora y para los vecinos, en ambas campañas. Se observa que hay diferencias significativas entre los niveles del herbicida y su metabolito entre las campañas de muestreo para un mismo tipo de establecimiento productivo ($p=0,003239$ La Aurora; $p=0,03276$ vecino) y se puede identificar que los niveles en suelos permiten diferenciar a los establecimientos agroproductivos.



Se marcan puntos fuera de rango para el caso “vecinos”, que presentan comportamiento equivalente a La Aurora, y ello se corresponde con un establecimiento básicamente ganadero sin uso de agrotóxicos en sus prácticas productivas.

Figura 2: Resultados, para ambas campañas de muestreo, de niveles de Glifo +AMPA en suelos del establecimiento La Aurora y sus campos vecinos.



El mismo análisis de datos pero tomando el Glifo y el AMPA de manera independiente (Figura 3), a fin de identificar el efecto de cada uno por separado, indica que para Glifo no existen diferencias significativas entre campañas tanto para La Aurora ($p=0,3306$) como para los vecinos ($p=0,1288$), lo que demostraría el potencial de ubicuidad y pseudopersistencia del glifosato en el ambiente (Bento et al., 2016), mientras que si existen diferencias en el comportamiento del AMPA ($p=0,000832$ La Aurora; $p=0,001954$ vecino). Estos Resultados podrían, indirectamente, estar mostrando el nivel o capacidad de actividad microbiológica de los suelos en cada sistema. Además se observa que el alcance del Glifo a áreas agroecológicas genera concentraciones, en algunos casos, comparables con suelos tratados con el herbicida.

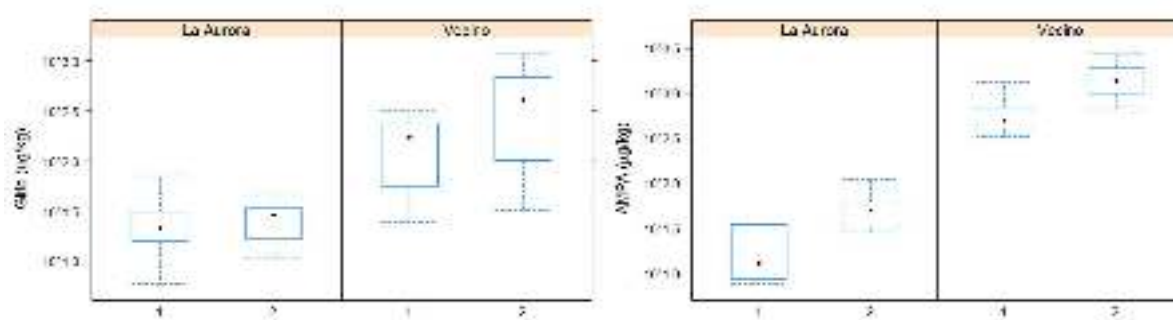
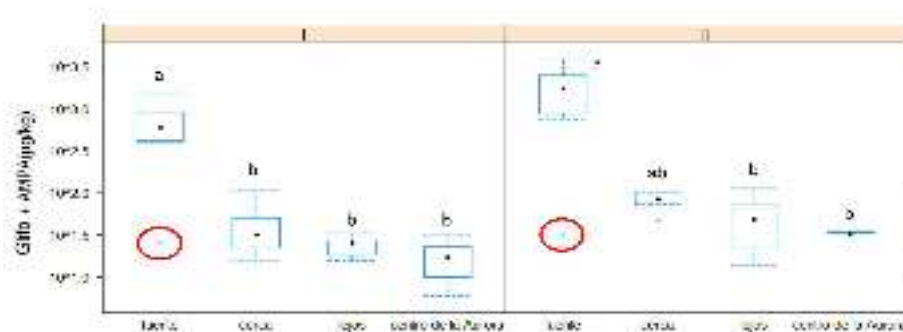


Figura 3: dependencia de las concentraciones de Glifo (izquierda) y AMPA (derecha), en función de las campañas y tipo de manejo aplicado al suelo

Se analizaron las concentraciones de Glifo +AMPA, Glifo y AMPA en función de la distancia al campo vecino. Para ello se tomó al mismo como Referencia “fuente” y se determinó el criterio “cerca” para muestras tomadas en La Aurora hasta 10 m y “lejos” para muestras tomadas más allá de los 10 m. A su vez se compararon con muestras de suelo tomadas a distancias mayores de 500 m de los vecinos (centro de La Aurora). Como se muestra en la Figura 4 para Glifo +AMPA no existen diferencias significativas entre los puntos dentro de La Aurora, para ambas campañas. Si se compara con los vecinos, en la primera campaña existen diferencias significativas entre la fuente y La Aurora a todas las distancias y para la segunda campaña no existen diferencias significativas entre la fuente y cerca; esto podría deberse a que existe un campo vecino que no aplica el herbicida y que aporta a la dispersión de datos. Un análisis detallado, por compuestos, mostró el mismo comportamiento que en el análisis de las campañas de muestreo, siendo el AMPA el compuesto que tiene el peso estadístico en la discriminación entre sitios-distancias y campañas.



Se marcan puntos fuera de rango para el caso “vecinos”. Comportamiento equivalente a Figura 2

Figura 4: dependencia de la concentración de Glifo +AMPA con la distancia, en ambas campañas de muestreo (Letras iguales muestran que no son distintos entre ellos)

Conclusiones

En primer lugar, el uso de glifosato como trazador químico del modelo agro-productivo actual, resultó una herramienta útil para llevar a cabo el objetivo planteado. El glifosato y su metabolito AMPA se hallaron en ambos sistemas de producción estudiados, lo que implica que las prácticas en campos convencionales impactan directamente sobre el sistema agroecológico próximo. El estudio permite inferir además, la potencial presencia de otros agrotóxicos asociados a la práctica productiva de base química, siendo este escenario un potencial riesgo para los componentes de la agrobiodiversidad del sistema agroecológico, pudiendo debilitar o disminuir muchas de sus funciones.

Agradecimientos

A Juan y Erna Khier, propietarios de La Aurora, por su colaboración invaluable en el desarrollo de este trabajo y por su compromiso con la naturaleza. A la Doctora Alicia “Nina” Ronco.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. Ecología y manejo de malezas. En: Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Altieri M (editor) .Editorial: Nordan–Comunidad. Montevideo, Uruguay, 1999.
- Aparicio, V.C;De Gerónimo, E; Marino D; Primost, J; Carriquiriborde, P; Costa, J.L. Environmental fate of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters and soil of agricultural basins. Chemosphere, v. 93, n.9, p.1866-73, 2013.



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO
X CONGRESSO BRASILEIRO
V SEMINÁRIO DO DF e ENTORNO
12-15 SETEMBRO 2017
BRASÍLIA- DF, BRASIL

Tema Gerador 10

Agrotóxicos e Transgênicos



- BCR, Bolsa de comercio de Rosario, 2017 <http://www.bcr.com.ar/Pages/GEA/default.aspx>.
- Bento, C.P; Yang, X; Gort, G; Xue, S; Van Dam, R; Zomer, P; Mol, H.G; Ritsema, C.J; Geissen, V. Persistence of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in loess soil under different combinations of temperature, soil moisture and light/darkness. *Sci Total Environ.*, v.572, p.301–311, 2016.
- CASAFE, Cámara Argentina de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, Mercado Argentino 2012 de Productos Fitosanitarios KLEFFMANNGROUP Argentina, Buenos Aires, 2012.
- Cerdá, E.O.; Sarandón, S.J.; Flores, C.C. El caso de “La Aurora”: un ejemplo de aplicación del enfoque agroecológico en sistemas extensivos del sudeste de la provincia de Buenos Aires, Benito Juárez, Argentina. En: *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. -Sarandón SJ y Flores CC, (Editores). Editorial de la UNLP (EDULP), 2014.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Artículo 2° del Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas, 1990.
- Feng, J.C.; Thompson, D.G. Fate of glyphosate in a Canadian forest watershed. 2. Persistence in foliage and soils. *J. Agricul. Food Chem.*, v.38, p.1118-1125, 1990.
- Iermanó, M.J. Sistemas familiares mixtos de agricultura y ganadería pastoril de la región pampeana: eficiencia en el uso de la energía y rol funcional de la agrobiodiversidad. Tesis doctoral Facultad de Ciencias Agrarias, UNLP. Buenos Aires, Argentina, 2015.
- Loewy, R.M.; Monza, L.B.; Kirs, V.E.; Savini, M.C. Pesticide distribution in an agricultural environment in Argentina. *Journal of Environmental Science and Health B*, v.46, n.8, p.662-670, 2011.
- Lupi, L.; Miglioranza, K.S.B.; Aparicio, V.C.; Marino, D.; Bedmar, F.; Wunderlin, D. Occurrence of glyphosate and AMPA in an agricultural watershed from the southeastern region of Argentina. *Science of the Total Environment.*, v.,536, p. 687–694, 2015.
- Marasas, M.; Blandi, M.L.; Dubrovsky Berensztein, N.; Fernández, V. Transición agroecológica de sistemas convencionales de producción a sistemas de base ecológica. Características, criterios y estrategias En: *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*.



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO
X CONGRESSO BRASILEIRO
V SEMINÁRIO DO DF E ENTORNO
12-15 SETEMBRO 2017
BRASÍLIA- DF, BRASIL

Tema Gerador 10

Agrotóxicos e Transgênicos



- Meyer MT, Loftin KA, Lee EA, Hinshaw GH, Dietze JE, Scribner EA, 2009. Determination of Glyphosate, its degradation product aminomethyl phosphonic acid, and Glufosinate, in water by isotope dilution and on line solid-phase extraction and liquid chromatography/Tandem mass spectrometry: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 5, chap. A10, 32p.
- Marino, D., Ronco, A.E. Cypermethrin and chlorpiryfos concentration levels in surface water bodies of the pampa Ondulada, Argentina. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v.75, n.4, p.820–826, 2005.
- Pengue, W.A. Cultivos Transgênicos, ¿Hacia dónde vamos? Buenos Aires. Lugar Editorial, UNESCO. 190p, 2000.
- Rueppel, M.L.; Brightwell, B.B; Schaefer, J; Marvel, J.T. Metabolism and degradation of glyphosate in soil and water. J. Agric. Food Chem., v.25, p. 517-528, 1977.
- Woodburn, A.T. Glyphosate: production, pricing and use worldwide. Pest. Manag. Sci., v.56, p. 309-312, 2000.