

Glifosato

El glifosato se usa para destruir plantas indeseables (malezas) en campos de cultivos, lugares de recreación y jardines privados, y a escala mundial se ha transformado en el plaguicida más utilizado¹. Los fabricantes de herbicidas a base de glifosato afirman que se trata de productos de 'baja toxicidad y amistosos para el medioambiente'². Sin embargo, recientes investigaciones realizadas en forma independiente indican que el glifosato puede no ser tan seguro como se pensaba antes.

¿Qué es el glifosato?

El glifosato, vendido generalmente bajo el nombre comercial de 'Roundup', se aplica como herbicida luego de que las semillas han germinado (uso post-emergente) y antes de efectuar la siembra (uso pre-emergente en cultivos de labranza reducida). Actúa en forma no selectiva, destruyendo una amplia variedad de plantas, tales como pastos, plantas perennes y plantas leñosas³. El glifosato es absorbido a través de las hojas y luego transportado hacia otros sectores de la planta. Esta sustancia inhibe un camino metabólico necesario para formar aminoácidos esenciales que existen en las plantas y en los microorganismos, pero no en los animales⁴. El glifosato es un organofosfonato o sal de un ácido fosfónico. No inhibe la actividad de la enzima acetilcolinesterasa (como lo hacen los organofosfatos), que es indispensable para la transmisión de las señales nerviosas en los animales y los insectos⁵.

Uso

Desde que el glifosato ingresó al mercado a mediados de los años '70, su uso ha aumentado rápidamente⁶. Durante los años 1997 y 2002 estuvo entre los cinco ingredientes activos de mayor uso y fue el segundo más usado por particulares en sus casas y por el gobierno o el sector industrial^{7, 8}. El reciente aumento en su uso se debe en gran parte a la introducción de cultivos genéticamente modificados (GM) para tolerar el glifosato, como por ejemplo, la soya GM en Argentina⁹. El hecho de que se haya extendido la práctica de baja labranza también ha contribuido a incrementar el uso del producto¹⁰. Las ventas mundiales de productos a base de glifosato superaron los 3.000 millones de dólares en 2002 y el principal fabricante, Monsanto, espera que esta cifra aumente en 2004, debido a la mayor venta de sus productos (incluido el 'Roundup') en Brasil^{11, 12}.

Formulaciones de productos a base de glifosato

La mayoría de los herbicidas a base de glifosato son formulados con uno o más surfactantes. El surfactante distribuye la solución por toda la hoja, penetra la hoja y aumenta la captación de glifosato en la planta¹³. Un tipo de surfactantes, conocido como polioxietilenoamina (POEA), es el que se utiliza con mayor frecuencia. Se trata de mezclas

de alquilaminas de cadena larga, etoxiladas, derivadas de ácidos grasos animales¹⁴ o de aceite de bogol (resina de la madera de pino)¹⁵. Durante los últimos años no ha habido variación en las proporciones de glifosato y surfactante de muchos productos (de acuerdo a las fichas de seguridad de los materiales, elaboradas por los fabricantes)¹⁶, y a pesar de la preocupación existente por los problemas de salud, el POEA continúa usándose, como por ejemplo, en el 'Roundup Ultra'¹⁷. También se utilizan otros surfactantes, como éter alcohol y ésteres de ácidos grasos¹⁸, o derivados biodegradables del aceite de raps¹⁹. Algunas formulaciones de herbicidas a base de glifosato contienen un segundo ingrediente activo, debido a que varias malezas se han vuelto resistentes al glifosato²⁰.

Toxicidad aguda de los herbicidas a base de glifosato

La toxicidad aguda se refiere a los efectos inmediatos (0-7 días) causados por la exposición a una sustancia. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA) ubica al glifosato en la categoría III de toxicidad (estos productos llevan la etiqueta: 'Precaución')²¹. Sin embargo, algunas formulaciones de glifosato se encuentran en la categoría I de toxicidad ('Peligro') o en la II ('Advertencia'), a causa de la irritación primaria de los ojos o la irritación de la piel²². El glifosato fue clasificado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en la clase U de toxicidad aguda: 'Producto poco probable de presentar peligro grave en uso normal'²³. La OMS clasificó en clase U o bien en clase III ('Ligeramente peligroso') los productos formulados con un surfactante²⁴. Al hacer pruebas con conejos, se observó que el glifosato causaba irritación de los ojos e irritación leve de la piel²⁵. Una ficha de datos de seguridad de la Monsanto señala que una formulación similar a la del 'Roundup Original' (41% de glifosato - sal de isopropilamonio, 8% de surfactante y 51% de agua, por peso), probada en conejos, causó irritación grave de los ojos y destrucción de tejido ocular, requiriéndose más de 21 días para que sanaran²⁶. Pruebas efectuadas con ratas revelaron que las formulaciones que contenían glifosato y un surfactante POEA causaron efectos sobre el sistema respiratorio y daños al tejido pulmonar de mayor gravedad que los causados por el glifosato solo²⁷, y que el POEA era el responsable de gran parte de la toxicidad del producto 'Roundup' para diversos organismos acuáticos²⁸.

La exposición de trabajadores agrícolas a cantidades menores de Roundup, por ejemplo, el frotamiento de un ojo, según los informes, ha causado hinchazón del ojo y del párpado, aceleración de los latidos del corazón y presión sanguínea elevada, o bien hinchazón de la cara, debido a los residuos transportados por las manos después tocar equipos con filtraciones, mientras que el hecho de quedar empapado accidentalmente con el producto provocó un eczema en manos y brazos que duró dos meses²⁹. Una evaluación de seguridad concluyó que 'en las condiciones actuales y esperadas de uso, el Roundup no presenta riesgos para la salud de los seres humanos'³⁰. Sin embargo, con base en evidencia clínica, se diagnosticó un caso de neumonitis tóxica aguda, debido a la inhalación de vapores y micro gotas transportadas por el aire, que contenían glifosato³¹. En otro caso, la inhalación de una mezcla de glifosato (sal de isopropilamina) y del herbicida butafenacil (clasificación de la OMS: no listado) ocasionó fiebre alta y fatiga generalizada, inmediatamente después de la exposición³². En 2002, en California, el glifosato fue el responsable de efectos sistémicos y respiratorios en cuatro casos definitivos/probables y en ocho casos posibles, y

de efectos que involucraron solamente los ojos y/o la piel en cinco casos definitivos/probables y en dos casos posibles, entre trabajadores agrícolas³³. En Dinamarca, de un total de 24 personas expuestas al glifosato por inhalación y otras 42 expuestas por contacto tópico, alrededor de tres cuartas partes de ellas desarrollaron síntomas de envenenamiento, relacionados principalmente con la boca, el tracto gastrointestinal y las vías aéreas³⁴. En el Reino Unido, el glifosato constituye la causa más frecuente de quejas e incidentes de envenenamiento registrados en años recientes por el Panel de Evaluación de Incidentes con Plaguicidas (PIAP) del Comité Ejecutivo de Salud y Seguridad (HSE) [Health and Safety Executive's Pesticides Incidents Appraisal Panel]³⁵. Las fumigaciones aéreas en grandes áreas de Colombia para erradicar los cultivos de coca y amapolas han causado incidentes de envenenamiento en más de 4.000 personas y en muchos animales en una de las zonas, y han repercutido en la salud de más de 35.000 indígenas³⁶.

Exposición prolongada al glifosato y toxicidad crónica

En estudios de laboratorio, las ratas que habían inhalado aerosoles en una solución de un tercio de 'Roundup' durante varios días, mostraron irritación del tejido nasal, de la tráquea y de los pulmones³⁷. Dosis relativamente altas de glifosato aplicadas a la piel de los conejos causó un grado leve de irritación dérmica, mientras que una cantidad mucho menor de un producto formulado causó una irritación de la piel que necesitó cuatro semanas para sanar³⁸. La exposición de ratas y ratones al glifosato a través de la dieta, durante tres meses, causó lesiones de las glándulas salivales³⁹.

En los cultivos de células nerviosas previamente expuestas al insecticida diazinón durante dos meses, los efectos tóxicos del glifosato aparecieron a una concentración varias veces menor que en células no expuestas⁴⁰. La incidencia de los efectos sobre el desarrollo neurológico aumentaron más de tres veces entre los hijos nacidos de agricultores estadounidenses que usaron glifosato⁴¹. Se ha observado que el Roundup inhibe la producción de hormonas esteroides y esto puede causar pérdida de la fertilidad en los hombres⁴².

Los ensayos de laboratorio muestran que el glifosato causa daños al ADN de los renacuajos. Una investigación realizada en Estados Unidos pudo observar que cuando los agricultores usaban varios plaguicidas individuales, incluido el glifosato, esto iba 'asociado a un aumento de la incidencia del linfoma no Hodgkin (LNH)'⁴⁴. El LNH es un tumor maligno del tejido linfoide, y en Suecia se ha observado una asociación significativa entre la incidencia del LNH y la exposición al glifosato⁴⁵. Estudios realizados acerca de los efectos de distintas concentraciones de glifosato en las aberraciones en los cromosomas, y sobre el intercambio de cromátidas en las células blancas de la sangre (linfocitos) de humanos y bovinos, revelaron 'un aumento, relacionado con la dosis, en el porcentaje de células aberrantes'⁴⁶, sugiriendo que se produce 'ya sea un estrés oxidativo o un efecto mutagénico'⁴⁷.

Destino ambiental e impacto ecológico del glifosato

En los productos formulados se observó que los POEA eran más tóxicos que otros surfactantes y que —cuando se utilizaban de acuerdo a las recomendaciones de la etiqueta, bajo condiciones de uso normal— podían resultar letales para el pez agalla azul en aguas muy poco profundas (menos de 10 cm. de profundidad)⁴⁸. La exposición de los renacuajos a bajas concentraciones de una formulación de glifosato durante un corto tiempo reveló efectos subletales y causó una mortalidad significativa⁴⁹. Los efectos indirectos de los herbicidas para cultivos de cereales, incluido el glifosato, están asociados con la declinación de 11 especies de aves en el Reino Unido⁵⁰.

Se encontró que la degradación del glifosato en el suelo es lenta⁵¹. Un estudio realizado en Dinamarca mostró que: ‘el glifosato, cuando se aplica a fines del otoño, puede filtrarse a través de la zona de las raíces [1m bajo el terreno] a concentraciones inaceptables, en tierra arcillosa’; las concentraciones excedieron la Norma Europea para el Agua Potable (0,1 µg/l): en dos lugares para el glifosato y en un lugar para el ácido aminoetilfosfónico, un producto degradado que se detectó cuando había transcurrido más de un año y medio desde la aplicación⁵². El gobierno danés ha propuesto restringir el uso del glifosato, impidiendo su aplicación durante el otoño e invierno en suelos arcillosos, donde el riesgo de filtraciones es alto cuando se producen precipitaciones elevadas. La restricción debe entrar en vigencia en 2004.

Conclusión

A menudo se argumenta que el glifosato es una alternativa al uso de herbicidas con niveles más altos de toxicidad aguda, tales como el 2,4-D o el paraquat. Sin embargo, existe evidencia suficiente de que el glifosato puede causar efectos dañinos crónicos sobre la salud, y el estudio danés sobre las aguas superficiales reveló un comportamiento no previsto de este producto en el medioambiente. El uso del glifosato debe reducirse sustancialmente, y de manera especial en los países en desarrollo, a fin de minimizar sus efectos agudos y crónicos sobre la vida silvestre y la salud humana. **(RI)**

*Esta hoja informativa es la actualización de una versión previa:
ver PN 33, septiembre 1996, p28-29.*

Referencias

1. Copping LG, Post-emergent herbicides, Agrow Report DS230, p. 180, July 2002.
2. Franz JE, Mao MK, and Sikorski JA, Glyphosate: A unique global herbicide, ACS Monograph 189, American Chemical Society, Washington DC, US, 1997.
3. World Health Organisation, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Glyphosate, WHO/FAO Data Sheets on Pesticides No. 91, WHO/PCS/DS/96.91, July 1997 (http://www.inchem.org/documents/pds/pds/pest91_e.htm).

4. Alibhai F and Stallings WC, Closing down on glyphosate inhibition – with a new structure for drug discovery, Proceedings of the National Academy of Science of the USA, 98(6) 2944-2946, 2001
5. WHO, FAO, op. cit. 3.
6. Bureau of National Affairs, Monsanto reports higher Q2 income for ag chems, Green Markets Pesticide Report 2, 3 August 1998 (cited in Cox C, Glyphosate (Roundup), Journal of Pesticide Reform, 18(3) 3-16, 1998).
7. California Department of Pesticide Regulation, Pesticide Use Reporting: 2002 Summary Data, Top Five Lists, 2003 (http://www.cdpr.ca.gov/docs/pur/pur02rep/02_pur.htm).
8. US Environmental Protection Agency, 1996-1997 Pesticide Market Estimates: Tables and Charts (p.4), tables 8 and 9, 2003 (www.epa.gov/oppbead1/pestsales/97pestsales/tables_charts1997_4.html).
9. Arregui MC, Lenardon A, Sanchez D, Maitre MI, Scotta R and Enrique S, Monitoring glyphosate residues in transgenic glyphosate-resistant soybean, Pest Management Science, 60(2), 2004, 163-166.
10. Riley P, Taylor M and Diamand E (Eds.), Health and environmental impacts of glyphosate: The implications of increased use in association with genetically modified crops, Friends of the Earth, 2000.
11. Copping LG, op. cit. 1.
12. Monsanto Company reports second-quarter results, Agricultural productivity segment detail, 31 March 2004 (<http://www.monsanto.com/monsanto/layout/media/04/03-31-04.asp>).
13. Monsanto Company, Roundup® Pro Biactive™: Product information guide (no year).
14. Giesy JP, Dobson S and Solomon KR, Ecotoxicological risk assessment for Roundup® herbicide, Review of Environmental Contamination and Toxicology, 167: 35-120, 2000.
15. Budavari S (ed), The Merck Index, Eleventh Edition, Rahway, N.J., USA, 1989.
16. Interactive Learning Paradigms Inc. (ILPI) Where to find material safety data sheets on the Internet: MSDS Online; Seton Compliance Resource Centre, May 2004 (<http://www.ilpi.com/msds/index.html>).
17. Hartzler B, Does additional surfactant improve glyphosate performance?, Iowa State University, 31 December 2001 (<http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/2002/glyphossurf.htm>).
18. Ibid.
19. Haefs R, Schmitz-Eiberger M, Mainx HG, Mittelstaedt W and Noga G, Studies on a new group of biodegradable surfactants for glyphosate, Pest Management Science, 58(2) 825-833, 2002.
20. Heap IM, The occasion of herbicide-resistant weeds worldwide, Pesticide Science, 51(3): 235-243, 1997; and web site: International survey of herbicide resistant weeds, www.weedscience.org/in.asp
21. US Environmental Protection Agency, Reregistration Eligibility Decision (RED): Glyphosate, Washington D.C., 1993 (http://www.epa.gov/REDS/old_reds/glyphosate.pdf).
22. Ibid.
23. WHO, FAO, op. cit. 3.
24. WHO, FAO, op. cit. 3.
25. WHO, FAO, op. cit. 3.
26. Monsanto Company, Material safety data sheet: Roundup Original herbicide, St. Louis, MO, USA, January 2001 (<http://www.cdms.net/lдат/mp23P011.pdf>).

27. Adam A, Marzuki A, Abdul Rahman H and Abdul Aziz M, The oral and intratracheal toxicities of ROUNDUP and its components to rats, *Veterinary and Human Toxicology*, 39(3): 147-151, 1997.
28. Tsui MT and Chu LM, Aquatic toxicity of glyphosate-based formulations: comparison between different organisms and the effects of environmental factors, *Chemosphere*, 52(7): 1189-1197, 2003.
29. Temple WA and Smith NA, Glyphosate herbicide poisoning experience in New Zealand, *New Zealand Medical Journal*, 105: 173-174, 1992.
30. Williams GM, Kroes R and Munro JC, Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 31(2 Pt 1): 117-165, 2000.
31. Pushnoy LA, Avnon LS and Carel RS, Herbicide (Roundup) pneumonitis, *Chest*, 114: 1769-1771, 1998.
32. Ishiguro M, Mikasa S and Otani M, A case of acute poisoning caused by the inhalation of a nonselective herbicide REBIN GT SC (butafenacil and glyphosate isopropylamine) [Japanese], *Chudoku Kenkyu*, 17(1): 51-54, 2004.
33. Department of Pesticide Regulation, Worker Health and Safety Branch, Illness and injuries related to pesticide exposure, PISP report 2002 (<http://www.cdpr.ca.gov/docs/whs/pisp.htm>).
34. Mortensen OS, Sorensen FW, Gregersen M and Jensen K, Poisonings with the herbicides glyphosate and glyphosate trimesium [Danish], *Ugeskr Laeger*, 162(35): 4656-4659, 2000.
35. Pesticides Trust (now PAN UK), The price of resistance. The consequences of Roundup Ready soybeans, London 1997.
36. Williamson S, Aerial spraying devastates Colombian communities, *Pesticides News*, 53: 9, 2001.
37. WHO, FAO, op. cit. 3.
38. WHO, FAO, op. cit. 3.
39. WHO, FAO, op. cit. 3.
40. Axelrad JC, Howard CV and McLean WG, The effects of acute pesticide exposure on neuroblastoma cells chronically exposed to diazinon, *Toxicology*, 185(1-2): 67-78, 2003.
41. Garry VF, Harkins ME, Erickson LL, Long-Simpson LK, Holland SE and Burroughs BL, Birth defects, season of conception, and sex of children born to pesticide applicators living in the Red River Valley of Minnesota, USA, *Environmental Health Perspectives*, 110 supplement 3: 441-449, 2002.
42. Walsh LP, McCormick C, Martin C and Stocco DM, Roundup inhibits steroidogenesis by disrupting steroidogenic acute regulatory (StAR) protein expression, *Environmental Health Perspectives*, 108(8): 769-776, 2000.
43. Clements C, Ralph S and Petras M, Genotoxicity of selected herbicides in *Rana catesbeiana* tadpoles using the alkaline single-cell gel electrophoresis (comet) assay, *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 29(3): 277-288, 1997.
44. De Roos AJ, Zahm SH, Cantor KP, Weisenburger DD, Holmes FF, Bumeister LF and Blair A, Integrative assessment of multiple pesticides as risk factors for non-Hodgkin's lymphoma among men, *Occupational and Environmental Medicine*, 60(9): E11, 2003.

45. Hardell L, Eriksson M and Nordstrom M, Exposure to pesticides as risk factor for non-Hodgkin's lymphoma and hairy cell leukaemia: pooled analysis of two Swedish case-control studies, *Leukemia and Lymphoma*, 43(5): 1043-1049, 2002.
46. Lioi MB, Scarfi MR, Santoro A, Barbieri R, Zeni O, Di Berardino D and Ursini MV, Genotoxicity and oxidative stress induced by pesticide exposure in bovine lymphocyte cultures in vitro, *Mutation Research*, 403(1-2): 13-20, 1998.
47. Lioi MB, Scarfi MR, Santoro A, Barbieri R, Zeni O, Di Berardino D and Ursini MV, Cytogenetic damage and induction of pro-oxidant state in human lymphocytes exposed in vitro to glyphosate, vinclozolin, atrazine, and DPX-E9636, *Environmental Molecular Mutagenesis*, 32(1): 39-46, 1998.
48. Haller WT and Stocker RK, Toxicity of 19 adjuvants to juvenile *Lepomis macrochirus* (bluegill sunfish), *Environmental Toxicology and Chemistry*, 22(3): 615-619, 2003.
49. Smith GR, Effects of acute exposure to a commercial formulation of glyphosate on the tadpoles of two species of anurans, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 67(4): 483-88, 2001.
50. Cambell LH and Cook AS, The indirect effects of pesticides on birds, Joint Nature Conservation Committee, Peterborough 1997.
51. Getenga ZM and Kengara FO, Mineralization of glyphosate in compost-amended soil under controlled conditions, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 72: 266-275, 2004.
52. Kjaer J (ed), The Danish Pesticide Leaching assessment Programme, Monitoring results May 1999 – June 2002, Summary of monitoring results, June 2003 (http://pesticidvarsling.dk/monitor_uk/2002_uk/index.html).

Fuente:

(1) Ficha técnica publicada por PAN-UK (<http://www.pan-uk.org/pestnews/Actives/glyphosate2.htm>), Junio 2004.