

FICHA TÉCNICA

Glifosato

Recientes estudios toxicológicos indican que los herbicidas que contienen este principio activo pueden ser altamente tóxicos para los seres humanos y el medio ambiente.

El glifosato es un herbicida sistémico no selectivo y de amplio espectro que se usa para destruir plantas no deseables en campos de cultivos, lugares de recreación y jardines privados. A escala mundial se ha transformado en el herbicida más utilizado¹.

Los fabricantes de fórmulas comerciales a base de glifosato afirman que se trata de productos de 'baja toxicidad y amistosos para el medio ambiente'².

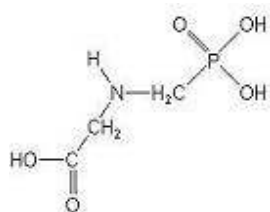
Sin embargo, diversos estudios toxicológicos conducidos por instituciones científicas independientes indican que este herbicida no es en absoluto seguro, como se pensaba antes. En efecto, productos a base de este principio activo pueden ser altamente tóxicos para animales y seres humanos. Los estudios han revelado efectos adversos en todas las categorías estandarizadas de pruebas toxicológicas de laboratorio en la mayoría de las dosis ensayadas: toxicidad subaguda (lesiones en glándulas salivales), toxicidad crónica (inflamación gástrica), daños genéticos (en células sanguíneas humanas), trastornos reproductivos (recuento espermático disminuido en ratas; aumento de la frecuencia de anomalías espermáticas en conejos) y carcinogénesis (aumento de la frecuencia de tumores hepáticos en ratas macho y de cáncer tiroideo en hembras)³.

¿Qué es el glifosato?

Este principio activo, vendido generalmente como Roundup (fórmula comercial producida por Monsanto), se aplica como herbicida en los cultivos convencionales luego que las semillas han germinado (uso post-emergente) y antes de efectuar la siembra (uso pre-emergente en cultivos de labranza reducida). No obstante, en los cultivos transgénicos se aplica durante todo el ciclo de vida de la plantación. Actúa en forma no selectiva, destruyendo una amplia variedad de plantas, como pastos, plantas anuales y perennes, hierbas de hoja ancha y plantas leñosas⁴. Se absorbe a través de las hojas y luego es transportado hacia otros sectores de la planta.

El glifosato es un organofosfonato (sal de un ácido fosfónico), altamente soluble en agua y prácticamente insoluble en solventes orgánicos⁵.

Su fórmula química es $C_5H_6N_3O_5P$. Y su fórmula estructural:



Aparte del Roundup, otros productos comerciales cuyo principio activo es el glifosato son, entre otros, Cosmoflux, Baundap, Glyphogan, Panzer, Potenza, Rango. En algunos sectores campesinos de la región también se lo conoce como “Randal”, posiblemente una adaptación popular del nombre en inglés “Roundup”.

Usos

Desde que el glifosato ingresó al mercado a mediados de los años 70, su uso ha aumentado rápidamente⁶. Durante 1997 y 2002 estuvo entre los cinco ingredientes activos de mayor uso y fue el segundo más utilizado por los gobiernos, por el sector industrial y en domicilios particulares^{7,8}.

El aumento sostenido de su uso se debe en gran parte a los cultivos transgénicos que han sido genéticamente modificados para tolerar el glifosato, como la soja RR (Roundup Ready) introducida en Argentina⁹, Brasil, Paraguay, Uruguay y otros países de la región. También se han introducido el maíz RR, algodón RR y colza RR, entre muchos otros cultivos. Aproximadamente el 99 por ciento de los cultivos resistentes a herbicidas del mundo son variedades RR, de Monsanto. En Estados Unidos el uso de glifosato en la soja RR aumentó más de 19 veces entre 1994 y 2006. En Brasil, del 2000 al 2005 el uso de este herbicida en el mismo cultivo se incrementó en 79,6 por ciento¹⁰.

La extensión de la práctica de cero o baja labranza también ha contribuido a incrementar su uso¹¹. Además, en los monocultivos forestales, principalmente de pino y eucalipto, se aplica glifosato antes de plantar para eliminar pastos y hierbas.

De acuerdo con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la tasa de aplicación no debe exceder a 5,8 kg de ingrediente activo por ha (World Health Organization, 1994)¹².

Las ventas mundiales de productos a base de glifosato superaron los 3.000 millones de dólares en 2002. Sólo en Brasil, el sector agropecuario adquirió en 2007 cerca de 200 millones de litros/kg de glifosato, de los cuales 153 millones fueron producidos en ese país y 47 millones correspondieron a importaciones, la mayor parte (43 millones) procedente de Estados Unidos¹³.

El uso de glifosato en los cultivos de soja RR estadounidenses aumentó 19 veces entre 1994 y 2006 (de 4.896.000 a 96.725.000 libras). También se incrementó el empleo del herbicida 2,4 D -el segundo más usado en el cultivo de soja-, desmintiendo el pronóstico que el uso de glifosato haría disminuir la aplicación de otros herbicidas. La utilización de 2,4 D se duplicó entre 2002 y 2006 (de 1,39 a 3,67 millones de libras), pero además se acrecentó el uso de otros herbicidas para matar hierbas y pastos cada vez más resistentes¹⁴.

Formulaciones de productos a base de glifosato

La mayoría de los herbicidas que utilizan este principio activo son formulados con uno o más surfactantes. El surfactante distribuye la solución por toda la hoja, la penetra y aumenta la captación del herbicida en la planta¹⁵. El surfactante que se usa con mayor frecuencia es el conocido como polioxietilenoamina (POEA). Se trata de una mezcla de alquilaminas de

cadena larga, etoxiladas, derivadas de ácidos grasos animales¹⁶ o de aceite de bogol (resina de la madera de pino)¹⁷. Durante los últimos años no han variado las proporciones de glifosato y surfactante de muchos productos (de acuerdo con las fichas de seguridad de los materiales elaboradas por los fabricantes)¹⁸. A pesar de la preocupación existente por los problemas de salud, el POEA continúa usándose, por ejemplo, en el Roundup Ultra¹⁹. También se utilizan otros surfactantes, como éter alcohol y ésteres de ácidos grasos²⁰ o derivados biodegradables del aceite de raps²¹. Además, algunas formulaciones de herbicidas a base de glifosato contienen un segundo ingrediente activo, debido a que varias malezas se han vuelto resistentes a este herbicida²².

El Roundup usado normalmente en la agricultura contiene 41 por ciento de sal IPA de glifosato, y el Roundup Ultra utilizado en la erradicación de cultivos ilícitos contiene 43,9 por ciento del ingrediente activo (Nivia, 2001)²³.

Absorción

El glifosato se puede absorber por inhalación, por ingestión²⁴ y también por la piel, aunque la absorción es más baja por vía cutánea (< del 2%). No existe antídoto específico, por tanto se realiza tratamiento de descontaminación y manejo sintomático²⁵.

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. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) ubica al glifosato en la categoría III de toxicidad (productos que llevan la etiqueta “Precaución”)²⁶. Sin embargo, algunas formulaciones de este agrotóxico 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 piel²⁷.

El glifosato fue clasificado por la OMS en la clase U (Grupo IV) de toxicidad aguda (“Productos que normalmente no ofrecen peligro”)²⁸. La OMS clasificó en Grupo III (“Ligeramente peligrosos”) los productos formulados con un surfactante²⁹. Por otra parte, en la Hoja Internacional de Seguridad Química publicada por el IPCS (International Programme on Chemical Safety, abril 2005) en el ítem Empaquetado y Transporte, aparece el glifosato con la letra N (símbolo establecido por la Unión Europea para sustancias peligrosas para el ambiente) y con el símbolo Xi (sustancias que producen irritación). Al hacer pruebas en conejos se observó que el glifosato causaba irritación en los ojos e irritación leve en la piel³⁰. Una ficha de datos de seguridad de Monsanto señala que una formulación similar a la del Roundup Original (41 por ciento de glifosato - sal de isopropilamonio, 8 por ciento de surfactante y 51 por ciento de agua, por peso), probada en conejos, causó irritación grave en los ojos y destrucción de tejido ocular, requiriéndose más de 21 días para que sanaran³¹. Pruebas efectuadas con ratas revelaron que las formulaciones que contenían glifosato y el surfactante POEA provocaron efectos sobre el sistema respiratorio y daños en el tejido pulmonar de mayor gravedad que los causados por el glifosato solo³², y que el POEA era el responsable de gran parte de la toxicidad del producto Roundup para diversos organismos acuáticos³³.

Los síntomas de envenenamiento con este herbicida en los seres humanos incluyen irritaciones dérmicas y oculares, náuseas y mareos, edema pulmonar, descenso de la presión sanguínea, reacciones alérgicas, dolor abdominal, pérdida masiva de líquido gastrointestinal, vómitos, pérdida de conciencia, destrucción de glóbulos rojos, electrocardiogramas anormales y daño o falla renal³⁴. La intoxicación aguda puede conducir a la muerte.

La exposición de trabajadores agrícolas a cantidades mínimas 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 de 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 meses³⁵. 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 glifosato³⁶. 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 exposición³⁷.

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 agrícolas³⁸. En Dinamarca, de un total de 24 personas expuestas al herbicida 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 aéreas³⁹. En el Reino Unido, el glifosato constituye la causa más frecuente de quejas e incidentes de envenenamiento registrados 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]⁴⁰. Las fumigaciones aéreas con Roundup en grandes áreas de Colombia para erradicar los cultivos de coca y amapolas habían causado al año 2001 incidentes de envenenamiento en más de 4.000 personas y en muchos animales, además de repercutir en la salud de más de 35.000 indígenas y campesinos⁴¹. Al 2005 se habían recibido más de 8.000 quejas en la Defensoría del Pueblo en Colombia por efectos de las fumigaciones aéreas. Luengas (2005) examinó las bases de datos de la Defensoría del Pueblo y de la Dirección Nacional de Estupefacientes (DNE), encontrando que 87 por ciento de las quejas interpuestas correspondía a daños en la vegetación, 6,9 por ciento a salud humana y el resto a animales y cuerpos de agua⁴².

El glifosato aplicado en los cultivos de soja transgénica fue el principal causante de intoxicaciones agudas en Brasil entre 1996-2000, con el 11,2 por ciento de los casos. La cifra figura en una tesis de maestría presentada a la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Estadual de Campinas⁴³. El 7 de enero de 2003, en Pirapey (Itapúa), localidad campesina de Paraguay, murió el niño Silvino Talavera, de 11 años, después de haber sido expuesto a una lluvia de plaguicidas (glifosato mezclado con carbamato y fenol), utilizados en cultivos de soja GM.

En Chile, de 803 intoxicaciones agudas por plaguicidas notificadas el año 2005, 35 fueron causadas por glifosato, con una tasa de hospitalización de 26 por ciento. Llama la atención que los plaguicidas considerados de bajo peligro (Grupo 4) aparecieron involucrados en más de un tercio de las intoxicaciones registradas ese año (32 por ciento). De ellos, los más frecuentes fueron el glifosato, la tetrametrina y la cipermetrina⁴⁴.

En Uruguay, una revisión de 107 casos clínicos de intoxicación aguda con glifosato registrados entre 1997 y 2002, realizada en el Centro de Información y Asesoramiento Toxicológico (CIAT), del Departamento de Toxicología de la Universidad de la República, detectó síntomas neuromusculares para los cuales los investigadores no encontraron explicación fisiopatológica. Hubo también un caso de muerte provocada por un cuadro digestivo con hemorragia digestiva alta, acidosis metabólica, hipotensión y shock. El paciente había ingerido el herbicida en forma intencional⁴⁵.

Exposición prolongada al glifosato y toxicidad crónica

En estudios de laboratorio, ratas que inhalaban aerosoles en una solución de un tercio de Roundup durante varios días mostraron irritación del tejido nasal, de la tráquea y de los pulmones⁴⁶. Dosis relativamente altas de glifosato aplicadas a la piel de conejos causaron 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 sanar⁴⁷. La exposición de ratas y ratones al glifosato a través de la dieta, durante tres meses, causó lesiones en las glándulas salivales⁴⁸.

En otro estudio se constató que la incidencia de los efectos sobre el desarrollo neurológico aumentó más de tres veces entre los hijos nacidos de agricultores estadounidenses que usaron glifosato⁴⁹. Asimismo, se ha observado que el Roundup inhibe la producción de hormonas esteroides, lo que puede causar pérdida de la fertilidad en los hombres⁵⁰.

Por otra parte, una investigación efectuada en Estados Unidos detectó 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)”⁵¹, que es un tumor maligno del tejido linfóide. También en Suecia se ha observado una asociación significativa entre la incidencia del LNH y la exposición al glifosato⁵². Estudios realizados acerca de los efectos de distintas concentraciones de este herbicida en las alteraciones de 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”⁵³, sugiriendo que se produce “ya sea un estrés oxidativo o un efecto mutagénico”⁵⁴.

Posteriormente, un grupo de científicos encabezados por el bioquímico Gilles-Eric Seralini, de la Universidad de Caen (Francia), descubrió que las células de placenta humana son muy sensibles al Roundup. El estudio demostró que esta formulación mata una gran proporción de esas células después de 18 horas de exposición a concentraciones menores que en el uso agrícola. Según los investigadores, esto podría explicar la gran incidencia de partos prematuros y abortos espontáneos en mujeres agricultoras de Estados Unidos que usan el herbicida. Corroboraron, además, que Roundup es al menos dos veces más tóxico que el glifosato. (Environmental Health Perspectives, marzo 2005)⁵⁵.

Otro equipo científico liderado por Robert Belle, del Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Roscoff (Bretaña, Francia), demostró que el Roundup actúa sobre una de las fases clave de la división celular, lo cual podría provocar cáncer a largo plazo. Belle y su equipo han estudiado durante varios años el impacto de fórmulas con glifosato sobre células de erizos de mar. Ellos constataron que el Roundup afectaba un “punto de control” del daño al ADN, mientras el glifosato por sí solo no producía ningún daño (Toxicological Science, diciembre 2004)⁵⁶.

Un estudio efectuado por Maldonado (2003) presenta evidencias de lesiones genéticas en el 36 por ciento de las células de la totalidad de mujeres que estuvieron expuestas a fumigaciones con el herbicida en la frontera colombo-ecuatoriana⁵⁷.

El glifosato puede contener trazas de N-nitroso glifosato. Este compuesto se suele formar en el ambiente al combinarse con nitrato (presente en saliva humana o fertilizantes). La mayoría de compuestos N-nitroso son cancerígenos, y no existe nivel seguro de exposición a un cancerígeno. El formaldehído, otro carcinógeno conocido, es también un producto de descomposición del glifosato (Cox, 1995; Dinham, 1999). Uno de los primeros boletines técnicos de Monsanto (MON-057-1-71) afirmaba que “las aplicaciones aéreas deben evitarse si existe peligro de que el químico se ponga en contacto con especies no objetivo”⁵⁸.

Un nuevo estudio reveló que una breve exposición al glifosato comercial provoca daño al hígado en ratas, debido a la filtración de enzimas intracelulares de ese órgano. Asimismo, el estudio demostró que el glifosato y el surfactante actúan en sinergia en el producto Roundup para aumentar el daño al hígado⁵⁹.

Destino ambiental e impacto ecológico del glifosato

Movilidad

Aunque se afirma que el glifosato es poco móvil en el suelo, algunos estudios científicos ponen en duda esta afirmación. Por ejemplo, se ha encontrado que la absorción del glifosato varía de acuerdo a los tipos de suelo. Hay menor absorción en suelos con bajo contenido de óxido de hierro (Piccolo y Celano, 1994) y también en suelos con alto contenido de cobre (Morillo, Undabeytia y Maqueda, 1997). A su vez, Piccolo y Celano (1994) comprobaron que en algunos tipos de suelos se libera el 80 por ciento del herbicida absorbido, mientras que otros liberan entre 15 por ciento y 35 por ciento. Hay suelos que no pueden retener el glifosato el tiempo suficiente para que haya degradación microbiana, y en esos casos el herbicida es muy móvil. El glifosato liberado puede percolarse a los niveles más bajos del suelo⁶⁰.

En los suelos, la degradación de este herbicida es lenta⁶¹. Según un estudio realizado en Dinamarca, “el glifosato, cuando se aplica a fines de otoño, se puede filtrar 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 aplicación⁶². El gobierno danés restringió el uso del glifosato desde 2003, impidiendo su

aplicación durante el otoño e invierno en suelos arcillosos, donde el riesgo de filtraciones es alto cuando se producen precipitaciones elevadas.

El glifosato puede entrar en aguas superficiales cuando se aplica cerca de los cuerpos de agua, por efecto de la deriva o a través de la escorrentía. Dependiendo de los sólidos suspendidos y de la actividad microbiana, este herbicida puede transportarse varios kilómetros río abajo (CCME, 1989)⁶³.

Persistencia

Otra afirmación que se hace en relación al glifosato es que se inactiva y degrada rápidamente en el suelo. No obstante, la EPA ha reportado que la vida media del herbicida en el suelo (tiempo que tarda en desaparecer la mitad de un compuesto en el ambiente) puede ser desde 60 días (EPA, 1999) y añade que en estudios de campo los residuos se encuentran a menudo al año siguiente⁶⁴.

Cox (1995) recopiló algunos datos sobre la persistencia del glifosato en distintos ambientes, encontrando grandes variaciones según el lugar: entre 259 y 296 días en 8 sitios forestales en Finlandia; entre 1 y 3 años en 11 sitios forestales en Suecia; 360 días en 3 sitios forestales de Canadá; entre 12 y 60 días en un cuerpo de agua luego de una aplicación directa. En Estados Unidos se encontraron residuos de glifosato en los sedimentos de una laguna un año después de su aplicación directa⁶⁵.

Aunque el efecto del glifosato ha sido investigado en algunos tipos de suelo, los efectos de los surfactantes y otros aditivos utilizados en las formulaciones de aspersión aparentemente no han sido investigados en suelos⁶⁶.

La persistencia del glifosato en el agua es más corta que en el suelo, pero puede conservarse por más tiempo en los sedimentos⁶⁷. Se ha reportado el herbicida en aguas superficiales y subterráneas en Canadá, Dinamarca, Holanda, Reino Unido, Estados Unidos y Noruega. En Canadá se hallaron residuos de glifosato de hasta 5.153 µg/litro después de una aplicación aérea sobre lagos. Su degradación dependió de la vegetación presente (WHO, 2005)⁶⁸. (ENDS Daily, 1999)⁶⁹.

Efectos en ecosistemas acuáticos

Existen informes que dan cuenta de la presencia de glifosato y AMPA (ácido aminoetilfosfónico, principal metabolito del glifosato) en cuerpos de agua.

El herbicida altera la cadena trófica en ecosistemas acuáticos, desde el primer eslabón. Es el caso de las algas diatomeas (microscópicas) y una especie de cianobacteria (Peterson et al, 1994)⁷⁰. También se comprobó que la presencia de glifosato por debajo de los niveles detectables induce la eutroficación en canales, charcas y otros cuerpos pequeños de aguas superficiales, lo que afecta el hábitat de poblaciones de peces (Austin et al, 1991)⁷¹.

Welten et al (2000) determinaron que este plaguicida puede adherirse a partículas del suelo y ser tóxico y biodisponible para organismos que se alimentan por filtración, como crustáceos, moluscos y otros que ingieren cantidades significativas de suelo durante su alimentación normal, incluyendo peces, aves que se alimentan en las playas de los ríos, anfibios y algunos mamíferos⁷².

La contaminación de las aguas por este herbicida es extraordinariamente letal para los anfibios, según un trabajo de investigación que registró una disminución de la diversidad de anfibios del 70 por ciento y una reducción del número total de renacuajos del 86 por ciento en charcas contaminadas con Roundup (Relyea, 2005)⁷³.

En los productos formulados se observó que los POEA eran más tóxicos que otros surfactantes y que podían resultar letales para el pez agalla azul en aguas muy poco profundas (a menos de 10 cm. de profundidad)⁷⁴. La exposición de los renacuajos a bajas concentraciones de una formulación de glifosato durante un corto tiempo reveló efectos subletales y causó mortalidad significativa⁷⁵.

En un estudio realizado en Argentina para evaluar el impacto de los plaguicidas aplicados a los cultivos de soja transgénica en los ecosistemas de arroyos menores de la Región Pampeana, se constataron diversos efectos en la flora y fauna. En el caso del glifosato, uno de los resultados fue que la deriva y el escurrimiento de este agrotóxico causó una reducción de los contenidos de clorofila en la flora ribereña adyacente, al menos 250 metros río abajo de la aplicación en la vegetación acuática macrófita. Los componentes del ecosistema que recibieron el mayor impacto fueron las poblaciones de invertebrados que no eran objetivos, como *Efemeróptero*, *Odonata* y *Amphipoda*, que desaparecieron totalmente incluso a gran distancia de las áreas de fumigación. En cambio, los efectos en peces y anfibios se registraron generalmente en los sectores adyacentes⁷⁶.

Impactos en la fauna

Aunque se han hecho pocos estudios de los impactos de los plaguicidas en general en reptiles, Sparling et al (2006) encontraron efectos adversos en embriones de la tortuga *Trachemys scripta elegans* cuando éstos fueron expuestos a glifosato y sus surfactantes a distintas concentraciones⁷⁷.

Estudios sobre los impactos del glifosato en aves han encontrado que este herbicida es moderadamente tóxico. Pero se han identificado, además, efectos indirectos en comunidades de aves, porque el glifosato afecta a las plantas o insectos de los que estos organismos dependen para su sobrevivencia. Así lo han documentado estudios de poblaciones de aves expuestas al herbicida en la costa norte de Estados Unidos⁷⁸. En el Reino Unido, los efectos indirectos de los herbicidas para cultivos de cereales, incluido el glifosato, están asociados con la declinación de 11 especies de aves⁷⁹.

El impacto del glifosato en las redes tróficas se demostró en un estudio efectuado en Australia donde se halló que especímenes de 5 especies de pinzones nativos murieron luego de estar expuestas a semillas tratadas con glifosato (Evans y Batty, 1986)⁸⁰.

Otros estudios revelan que las aves pueden ser afectadas por alteraciones de sus sitios de alimentación, de anidación, por cambios en la sucesión natural de los ecosistemas, o por disminución de sus fuentes alimenticias (MacKinnon y Freedman, 1993)⁸¹.

Resultados similares se han encontrado en poblaciones de pequeños mamíferos. Estas poblaciones se han impactado negativamente luego del uso de glifosato para clarear el bosque, debido a que perdieron sus fuentes alimenticias, especialmente plantas y artrópodos (Santillo et al, 1989; D Anieri et al, 1987; Richie et al, 1987)⁸². En el caso de animales herbívoros, la ingestión de vegetación contaminada con glifosato puede generar efectos

negativos. Adicionalmente, los animales pueden entrar en contacto con este herbicida en un ecosistema que ha sido fumigado, a través del contacto por la piel, los ojos o por inhalación.

Richard y colaboradores (2005) concluyeron que el glifosato actúa como un disruptor de la actividad de la citocromo P450 aromataasa en mamíferos, a concentraciones 100 veces más bajas que las recomendadas para uso agrícola. El citocromo juega un papel importante en el metabolismo de sustancias ajenas al organismo, como fármacos, plaguicidas, etc., muchos de los cuales pueden tener efectos cancerígenos. Encontraron, además, que en concentraciones menores a las recomendadas para uso agrícola, el Roundup puede inducir problemas reproductivos⁸³.

Impactos en los bosques

El impacto del glifosato en la sucesión ecológica boscosa fue estudiado por Bell y colaboradores (1997), quienes investigaron el efecto del glifosato en el noroeste de Ontario, Canadá, en bosques deciduos temperados. Ellos encontraron que el uso de este herbicida disminuía la cobertura vegetal de árboles deciduos, arbustos y helechos. En el caso de bosques de coníferas, el glifosato reducía la vegetación leñosa y herbácea. Es decir, ejercía un impacto en la composición y estructura de estos bosques⁸⁴.

Otros impactos en los ecosistemas

Varios estudios demuestran el impacto que tiene el glifosato en comunidades de microorganismos que juegan importantes roles en el ciclo de nutrientes, especialmente en el ciclo del nitrógeno en agroecosistemas (Zablotowicz y Reddy, 2004)⁸⁵.

Al afectar el equilibrio natural de los microorganismos del suelo, el glifosato interfiere en los procesos de descomposición de la materia orgánica. Esto se ha comprobado en Argentina, como consecuencia del uso de grandes cantidades del herbicida asociado al cultivo de soja transgénica (Joensen y Semino, 2004)⁸⁶.

El glifosato tiene efectos negativos en nemátodos y otras lombrices e invertebrados (Dewar, Haylock, May, Beane, Perry, 2000)⁸⁷. Una investigación en Nueva Zelandia mostró que este agrotóxico tenía efectos significativos en el crecimiento y sobrevivencia de lombrices comunes del suelo (Springett, Gray 1992; Cox, 1995)⁸⁸.

Por otro lado, el glifosato favorece el crecimiento de hongos patogénicos, según muchas investigaciones publicadas en la literatura científica. Es el caso del género *Fusarium*. Algunas de sus especies han sido responsables en todo el mundo de daños serios en muchos cultivos, suelos envenenados, defectos de nacimiento en seres humanos y, en un caso documentado, la muerte de miles de personas cuando comieron cereales contaminados por sus micotoxinas durante los últimos años de la Segunda Guerra Mundial. (Kremer y Donald, 2003; Sanogo, Yang, Scherm, 2000; Wan et al, 1989, Delcalzo, Punja, Levesque y Rahe, 1989; Johal y Rahe, 1984; Levesque, Rahe y Eaves, 1992; Levesque, Rahe y Eaves, 1993; Levesque, Beckenbach y Rahe, 1993; Rahe, Levesque y Ojal, 1997; Wan, Rahe, y Watts, 1998; Marassas, Nelson y Tousson, 1984)⁸⁹.

La literatura científica asocia a otros agentes patógenos con el uso de glifosato, como el *dieback* (enfermedad del fresno) y el *Gaeumannomyces graminis* (agente causal del pietín del trigo). Se ha reportado también un incremento de la susceptibilidad del frejol a la antracnosis (cuyo agente causal es el hongo *Colletotrichum lindemuthianum*) y la incidencia de *Rhizoctonia* en la pudrición de la raíz de cebada (Johal y Rahe, 1988; Smiley, 1992; Mekwatanakarn y Silvassithamparam, 1987)⁹⁰.

Generación de resistencias

Como consecuencia del empleo masivo de glifosato han surgido problemas relacionados con la aparición de especies de malezas que presentan tolerancia y/o resistencia a este ingrediente activo. En una investigación realizada en la ciudad de Morse, provincia de Buenos Aires, Argentina, se determinó que entre las malezas resistentes y/o tolerantes al glifosato mencionadas por el 80 por ciento de los productores entrevistados se encuentran: *Chenopodium album* (quinoa blanca), *Cyperus rotundus* (cebollín), *Euphorbia hirta* (lecherón), *Eleusine indica* (pata de gallo), *Sorghum halepense* (sorgo de alepo), *Amaranthus quitensis* (yuyo colorado), *Portulaca oleracea* (verdolaga), *Cynodon dactylon* (gramón) y *Anoda cristata* (malva).

Las estrategias utilizadas para poder controlar esas malezas tolerantes y/o resistentes son, para el 60 por ciento de los entrevistados, aumentar la dosis del glifosato; para el 15 por ciento, aplicar la dosis recomendada de glifosato combinándola con otro ingrediente activo de acción herbicida como el 2,4 D (Alecy) o el flumetsulam (Preside); para el 25 por ciento restante hay que ajustar bien el momento de aplicación del producto químico a aquel momento en que la maleza es chica y se encuentra en estado activo de crecimiento. En este caso la continua utilización del glifosato refuerza la dependencia hacia este producto como hacia otros herbicidas. Incluso dada la resistencia adquirida por la transgénesis, la soja “guacha” -aquella que es sembrada en forma espontánea- se ha convertido en una maleza, a la cual hay que combatir con herbicidas cada vez más potentes y peligrosos⁹¹.

Efectos sobre insectos benéficos

Varias especies de artrópodos benéficos, entre los que se incluyen insectos, arañas y ácaros, que son predatoras de plagas agrícolas, resultan afectadas por la exposición al glifosato. La desaparición de estos agentes de control biológico natural ha desencadenado el brote de algunas plagas, como el áfido del cereal que tuvo lugar en Estados Unidos al inicio de la década de 1970 (Potts y Vickerman, 1994)⁹².

Una evaluación de la Organización Internacional de Control Biológico sobre los impactos de los plaguicidas en especies benéficas reportó que el 80 por ciento de una población de escarabajos predatoras de plagas vegetales murió cuando fue expuesto a glifosato. Por otra parte, el 50 por ciento de la población de avispas parasitoides, mariquitas (chinitas), ladybird y ácaros predatoras también murió luego de la exposición (Hassan et al 1988)⁹³.

Otro grupo de insectos benéficos afectado por el glifosato es el de las especies polinizadoras. Una de las quejas que se presentaron con respecto al programa de fumigación con Roundup, que el gobierno de los Estados Unidos llevó a cabo para eliminar cultivos de amapola en Guatemala, fue que se había destruido la apicultura en las zonas cercanas a las aspersiones (Freed, 1989; U.S Department of State, 1991)⁹⁴.

Conclusión

A menudo se argumenta que el glifosato es una alternativa al uso de herbicidas con niveles más altos de toxicidad aguda, como el 2,4-D o el paraquat. Sin embargo, existe evidencia suficiente de que este herbicida puede causar efectos dañinos agudos y crónicos sobre la salud, como también daños e impactos inesperados en el medio ambiente.

Con frecuencia no se consideran los impactos indirectos, acumulativos y a largo plazo del herbicida, ni las reacciones sinérgicas que éste puede tener en el ecosistema y en las redes tróficas, es decir, cómo incide en el medio ambiente y, a su vez, cómo estos cambios afectan al conjunto de comunidades y poblaciones que conforman ese ecosistema⁹⁵.

La utilización de glifosato en forma continua propicia la generación de mecanismos de resistencias y tolerancia en las malezas lo cual a su vez determina un mayor número de aplicaciones e incremento de las dosis reforzando el espiral de uso y contaminación de este veneno.

El glifosato debería dejar de utilizarse debido a sus efectos agudos y crónicos sobre la salud humana, como también por la contaminación y pérdida de biodiversidad que produce en el medio ambiente.

.....
Documento elaborado por la Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL) - Oficina de Comunicaciones y Administración, abril 2008.

Fuentes principales:

Pesticides News 64, junio 2004. Versión actualizada de una publicación previa: ver PN 33, septiembre 1996, p28-29.

Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.

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. Kaczewer, Jorge, Dr: Toxicología del glifosato, educación ambiental. Universidad

- Nacional de Buenos Aires, septiembre 2004.
4. 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).
 5. Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
 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/tablescharts1997_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. Amigos de la Tierra: *¿Quién se beneficia con los cultivos transgénicos? El uso creciente de plaguicidas*. Resumen ejecutivo. Agricultura y Alimentación N° 112. Amsterdam, Holanda. Enero 2008.
 11. Riley P, Taylor M and Diamand E (Eds.), Health and environmental impacts of crops, glyphosate: The implications of increased use in association with genetically modified Friends of the Earth, 2000.
 12. Bravo, Elizabeth, op. cit. 5.
 13. Assessora de Comunicação, Comissão de Agricultura, Câmara dos Deputados, Anexo II, Sala 34 T. Brasil. Tel: (61) 3216-6402. assessoria.capadr@camara.gov.br
 14. Center for Food Safety, 2007. En: *¿Quién se beneficia con los cultivos transgénicos? El uso creciente de plaguicidas*. Resumen ejecutivo, enero 2008. Agricultura y Alimentación N° 112. Amigos de la Tierra.
 15. Monsanto Company, Roundup® Pro Biactive™: Product information guide (no year).
 16. Giesy JP, Dobson S and Solomon KR, Ecotoxicological risk assessment for Roundup® herbicide, Review of Environmental Contamination and Toxicology, 167: 35-120, 2000.
 17. Budavari S (ed), The Merck Index, Eleventh Edition, Rahway, N.J., USA, 1989.
 18. 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>).
 19. Hartzler B, Does additional surfactant improve glyphosate performance?, Iowa State University, 31 December 2001. (<http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/2002/glyphossurf.htm>).
 20. Ibid.
 21. 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.
 22. 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
 23. Nivia, E. 2001. Efectos sobre la salud y el ambiente de herbicidas que contienen glifosato. Boletín electrónico de la UITA. En: Bravo, Elizabeth: Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
 24. Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene

- en el Trabajo. Fichas internacionales de seguridad química, versión española, [enlace](#).
25. Toxicología del glifosato, Documento Elaborado por el Dr. Camilo Uribe Granja. Clínica de Toxicología. Bogotá.
 26. US Environmental Protection Agency, Reregistration Eligibility Decision (RED): Glyphosate, Washington D.C., 1993. (http://www.epa.gov/REDS/old_reds/glyphosate.pdf).
 27. Ibid.
 28. WHO, FAO, op. cit. 4.
 29. WHO, FAO, op. cit. 4.
 30. WHO, FAO, op. cit. 4.
 31. Monsanto Company, Material safety data sheet: Roundup Original herbicide, St. Louis, MO, USA, January 2001. (<http://www.cdms.net/ldat/mp23P011.pdf>).
 32. 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.
 33. 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.
 34. Kaczewer, Jorge, Dr., op. cit. 3.
 35. Temple WA and Smith NA, Glyphosate herbicide poisoning experience in New Zealand, *New Zealand Medical Journal*, 105: 173-174, 1992. *Toxicology and Pharmacology*, 31(2 Pt 1): 117-165, 2000.
 36. Pushnoy LA, Avnon LS and Carel RS, Herbicide (Roundup) pneumonitis, *Chest*, 114: 1769-1771, 1998.
 37. 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.
 38. 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>).
 39. 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.
 40. Pesticides Trust (now PAN UK), The price of resistance. The consequences of Roundup Ready soybeans, London 1997.
 41. Williamson S, Aerial spraying devastates Colombian communities, *Pesticides News*, 53: 9, 2001.
 42. León S., Tomás; Burgos S., Javier et al.: Observaciones al “Estudio de los efectos del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante la aspersion aérea con el herbicida Glifosato (PECIG) y de los cultivos ilícitos en la salud humana y en el medio ambiente”. Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales (IDEA). Bogotá, mayo 11 de 2005.
 43. Inforganic, www.inforganic.com, 22 de abril de 2004. Revista Consumidor SA N° 72. IDEC.
 44. Vallebuona C. 2007. Vigilancia de Intoxicaciones Agudas por plaguicidas en Chile, Actualización Boletín El Vigía 23, Ministerio de Salud. Chile. *Cienc Trab.* oct-dic; 9(26):152:157).
 45. Burger, Mabel y Fernández, Salomé: Exposición al herbicida glifosato: aspectos clínicos toxicológicos. Departamento de Toxicología de la Facultad de Medicina, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.
 46. WHO, FAO, op. cit. 4.
 47. Ibid.

48. *Ibíd.*
49. 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.
50. 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.
51. 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.
52. 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.
53. 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.
54. 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): 39-59, 1998.
55. Yoke Heong, Chee: *Nuevas pruebas del peligro del herbicida Round Up*. Revista Bioseguridad N° 160, abril-junio 2005.
56. *Ibíd.*
57. Maldonado, Adolfo: Daños genéticos en la frontera de Ecuador por las fumigaciones del Plan Colombia. Ecuador, 2003.
58. Yoke Heong, Chee op.cit.54
59. Yoke Heong, Chee op.cit.54
60. Bravo, Elizabeth, op. cit. 5.
61. 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
62. 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).
63. CCME (1989). Canadian water quality guidelines, Ottawa, Ontario. Environment Canada. Canadian Council of Ministers of the Environment. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
64. EPA. 1999. Technical Fact Sheets on: Glyphosate. National Primary Drinking Water Regulations. Documento obtenido por Internet. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
65. Cox, C. 1995. Glyphosate. 2. Human Exposure and ecological effects. *Journal of pesticide reform: a publication of the Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides*. Winter 15 (4) p. 14-20. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
66. Bravo, Elizabeth. op. cit. 5.
67. *Ibíd.*
68. World Health Organization, 2005. Glyphosate and AMPA in drinking-water. WHO/WSH/03.04/97. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio

- ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
69. ENDS Daily, 1999. 6 de Mayo. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
 70. Bravo, Elizabeth. op. cit. 5.
 71. Austin, A. P. et al. 1991. Impact of an organophosphate herbicide (glyphosate) on periphyton communities developed in experimental streams. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 47: 29-35. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
 72. Welten, R., et al. (2000), "Ecotoxicity of contaminated suspended solids for filter feeders (*Daphnia magna*)." *Archives of Env. Contam. And Tox.* 39 (3): 315-323. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
 73. Relyea, R. 2005. The Impact of Insecticides and Herbicides on the Biodiversity and Productivity of Aquatic Communities. *Journal Ecological Applications*. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
 74. Haller WT and Stocker RK, Toxicity of 19 adjuvants to juvenile *Lepomis macrochirus* (bluegill sunfish), *Environmental Toxicology and Chemistry*, 22(3): 615-619, 2003.
 75. 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.
 76. Ronco AE, Carriquiriborde P, Natale GS, Martin ML, Mugni H, Bonetto C., 2008. Integrated approach for the assessment of biotech soybean pesticides impact on low order stream ecosystems of the Pampasic Region. Chapter 6. In: *Ecosystem Ecology Research Trends* Editors: J.Chen and C Guo, pp. 209-239. 2008 Nova Science Publishers, Inc.
 77. Sparling DW, Matson C, Bickham J, Doelling-Brown P. 2006. Toxicity of glyphosate as Glypro and LI700 to red-eared slider (*trachemys scripta elegans*) embryos and early hatchlings. *Environmental toxicology and chemistry*: Oct;25(10):2768-74. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
 78. Bravo, Elizabeth, op. cit. 5.
 79. Cambell LH and Cook AS, The indirect effects of pesticides on birds, Joint Nature Conservation Committee, Peterborough 1997.
 80. Evans, D. D., and M. J. Batty. 1986. Effects of high dietary concentrations of glyphosate. (Roundup) on a species of bird, marsupial and rodent indigenous to Australia. *Environmental Toxicology and Chemistry* 5: 399-401. 2768-74. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
 81. MacKinnon, D. S., and B. Freedman. 1993. Effects of silvicultural use of the herbicide glyphosate on breeding birds of regenerating clearcuts in Nova Scotia, Canada. *Journal of Applied Ecology* 30: 395-406. 2768-74. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
 82. **Santillo, D. J., P. W. Brown, and D. M. Leslie, Jr.** 1989. Response of songbirds to glyphosate-induced habitat changes on clearcuts. *J. Wildl. Manage.* 53:64-71. **D Anieri, P., Leslie, D.M. y McCormack M.L.** 1987. Small mammals in glyphosate treated, clearcuts in Northern Maine. *Can Field Nat.* 101 (4): 547 – 550. **Richie, D.C. Harestad A.S. y Archibald, R.** 1987. Glyphosae treatment and deer mice in clearcut and forest. *Northwest Sci.* 61(3), 199 - 202. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del

- glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
83. Richard, S., Moslemi, S., Sipahutar, H., Benachour, N., Seralini, G-E. 2005. Differential Effects Of Glyphosate And Roundup On Human Placental Cells And Aromatase. Environmental Health Perspectives, June. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
84. Bell, F. W., R. A. Lautenschlager, R. G. Wagner, D. G. Pitt, J. W. Hawkins, and K. R. Ride. 1997. Motor-manual, mechanical, and herbicide release affect early successional vegetation in northwestern Ontario. Forestry Chronicle 73. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
85. Zablotowicz, R.M. y Reddy, K. N. 2004. Impact of Glyphosate on the Bradyrhizobium japonicum Symbiosis with Glyphosate-Resistant Transgenic Soybean: A Mini review. J. Environ. Qual. 33:825-831. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
86. Joensen L. y Semino S. 2004. OMGs en Argentina ¿a qué precio?. Estudio de Caso del Impacto de la Soja Modificada Genéticamente del Grupo de Reflexión Rural de Argentina, publicado por Econexus y The GAIA Foundation. Octubre 2004. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
87. Dewar, A.M.; Haylock, L.A.; May, M.J.; Beane, J.; Perry, R.N. (2000) Glyphosate applied to genetically modified herbicide-tolerant sugar beet and 'volunteer' potatoes reduces populations of potato cyst nematodes and the number and size daughter tubers. Ann-Appl-Biol. Warwick: Association of Applied Biologists. 136 (3) p. 179-187. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
88. Springett, JA and Gray, R.A.J. Effect of repeated low doses of biocides on the earthworm *Aporrectodea caliginosa* in laboratory culture. Soil. Biol. Biochem, 24 (12) 1992: pp. 1739-1744. Cox, C. 1995, op. cit. 70. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
89. Arias S, Moya M, Souza J, 2005. Transformaciones en la estructura agraria de la Región Pampeana causadas por el proceso de agriculturización de la década del 90. Estudio del caso de los productores de la localidad de Morse. Partido de Junín (provincia de Buenos Aires).
90. **Kremer RJ. Y Donald, P.** 2003 Herbicide impact on *Fusarium* spp. And soybean cyst nematode in glyphosate tolerant soybean. American Society of Agronomy, (573) 882-2716. **Sanogo, S.; Yang, X.B.; Scherm, H.** 2000. Effects of herbicides on *Fusarium solani* f. sp. *glycines* and development of sudden death syndrome in glyphosate-tolerant soybean. Phytopathology. St. Paul, Minn. American Phytopathological Society, 1911 v. 90 (1) p. 57-66. **Wan, M.T.** Effects of different dilution water types on the acute toxicity to juvenile Pacific salmonids and rainbow trout of glyphosate and its formulated products. Bulletin of environmental contamination and toxicology. Sept 1989. v. 43 (3) p. 378-385. **Decalzo, R.C.; Punja, Z.K.; Levesque, C.A.; Rahe, J.E.** Identification and role of *Pythium* species as glyphosate synergists on bean (*Phaseolus vulgaris*) grown in different soils. Mycol-res. [Cambridge : Cambridge University Press], 1989-. Aug 1996. v. 100 (pt.8) p. 971-978. **Levesque, C.A.; Rahe, J.E.; Eaves, D.M.** The effect of soil heat treatment and microflora on the efficacy of Glyphosate in seedlings. Weed-Res. Oxford Blackwell Scientific Publications. Oct 1992. v. 32 (5) p. 363-373. **Levesque, C.A.; Rahe, J.E.; Eaves, D.M.** Fungal

- colonization of glyphosate-treated seedlings using a new root plating technique. Mycol-Res. Cambridge - Cambridge University Press. Mar 1993. v. 97 (pt.3) p. 299-306.
- Levesque,-C.A.; Beckenbach,-K.; Baillie,-D.L.; Rahe,-J.E.** Pathogenicity and DNA restriction fragment length polymorphisms of isolates of *Pythium* spp. from glyphosate-treated seedlings. Mycol-Res. Cambridge : Cambridge University Press. Mar 1993. v. 97 (pt.3) p. 307-312. **Rahe,-J.E.; Levesque,-C.A.; Johal,-G.S.** Synergistic role of soil fungi in the herbicidal efficacy of glyphosate. A-C-S-Symp-Ser-Am-Chem-Soc. Washington, D.C. : The Society. 1990. (439) p. 260-275. **Wan,-M.T.; Rahe,-J.E.; Watts,-R.G.** A new technique for determining the sublethal toxicity of pesticides to the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. Environ-Toxicol-Chem. Pensacola, Fla. : SETAC Press. July 1998. v. 17 (7) p. 1421-1428. **Marassas, W.F.O, Nelson, P.E., and Tousson, T.A.** Toxicogenic *Fusarium* species: Identity and Mycotoxicology Pennsylvania State University press, 1984. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
91. **Johal,-G.S.; Rahe,-J.E. 1984.** Effect of soilborne plant-pathogenic fungi on the herbicidal action of glyphosate on bean seedlings. *Phytopathology* 74(8): 950-955. **Smiley, R.W.** 1992. Influence of glyphosate on *Rhizoctonia* root rot, growth, and yield of barley. *Plant Dis*, 76: 937 – 942. **Mekwatanakarn, P y Silvasithamparam, K** 1987. Effect of certain herbicides on soil microbial populations and their influence on saprophytic growth in soil and pathogenicity of take-all fungus. *Biol. Fertil. Soils* 5: 75 - 180. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
92. Bravo, Elizabeth, op. cit. 5.
93. Hassan, S.A et al. Results of the fourth joint pesticide testing programme carried Out by the ICBC-WPRS-Working Group "pesticides and beneficial Organisms" *J Appl. Ent* 105 1988, 321-329. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
94. U.S. Department of State cable from Guatemala to Washington, DC: 1991GUATEM00643. En: Bravo, Elizabeth. Impactos del glifosato en el medio ambiente (Recopilación). Red por una América Latina Libre de Transgénicos, Boletín 241, 2007.
95. Bravo, Elizabeth, op. cit. 5.