

Efectos sobre la salud y el ambiente de herbicidas que contienen glifosato

Elsa Nivia

Introducción

El glifosato es un herbicida sistémico que actúa en post-emergencia, no selectivo, de amplio espectro, usado para matar plantas no deseadas como pastos anuales y perennes, hierbas de hoja ancha y especies leñosas. El glifosato mismo es un ácido, pero es comúnmente usado en forma de sales, más comúnmente la sal isopropilamina de glifosato, o sal isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina. Su nombre comercial más conocido es el Roundup. En Colombia, además de su uso como herbicida en la agricultura, se usa también como desecante de granos y por vía aérea como madurante en la caña de azúcar y en los programas de erradicación de cultivos ilícitos, erradicando simultáneamente cultivos alimenticios y especies silvestres, sin que se hayan estudiado los verdaderos impactos de su utilización sobre la salud de las personas y el medio ambiente.

Las ventas mundiales del glifosato, cuyo fabricante básico es Monsanto, superan los 1.500 millones de dólares actualmente y se calcula que crecerán a 2.000 millones de dólares en los próximos 5 años, equivalentes a más de 40.000 toneladas de ingrediente activo (Dinham, 1998). Actualmente las ventas de este herbicida representan cerca del 40% del mercado de agroquímicos a nivel mundial de Monsanto (ventas mundiales totales de 4.032 millones de dólares en 1998, un 23.2% mayores que en 1997). Monsanto en 1998 ocupó el segundo lugar en la comercialización de agroquímicos después de Novartis y el primer lugar en la producción y venta de semillas transgénicas, modificadas genéticamente para que los cultivos sean resistentes al glifosato e incrementar aún más las ventas de este agrotóxico (Dinham, 1999).

Entre 1986 y 1996 el uso del glifosato se triplicó en Estados Unidos y en Europa su uso se incrementó en 129% entre 1991 y 1995, por las declaraciones de Monsanto de que el herbicida no es peligroso para los humanos y que es ambientalmente seguro. Pero de acuerdo con informaciones de Cox (1995) y de Dinham (1998), existen resultados de investigaciones científicas acerca de herbicidas que contienen glifosato, independientes de Monsanto, que contradicen indicaciones de la empresa fabricante del veneno y muestran una visión muy diferente sobre los riesgos de salud y ambientales de estos herbicidas.

Los plaguicidas antes de salir al mercado pasan por el proceso de la formulación, durante el cual los ingredientes activos son mezclados con otras sustancias como solventes, coadyuvantes y otras, denominadas como "ingredientes inertes", sobre las cuales no se da información en las etiquetas y que en muchos casos son sustancias activas biológica, química o toxicológicamente, que pueden conferir a las formulaciones comerciales, características diferentes a las encontradas en cualquiera de los componentes por separado. **Esto significa que si no se revisan y reconocen las pruebas toxicológicas con los plaguicidas comerciales, como se usan realmente, es imposible evaluar con seguridad sus riesgos sobre el ambiente y la salud de las personas.**

La mayoría de productos que contienen glifosato están hechos o se usan con un surfactante para ayudar al glifosato a penetrar los tejidos de la planta, el cual le confiere características toxicológicas a la formulación comercial diferentes a las del glifosato solo. En el caso del Roundup, la formulación herbicida más utilizada, se sabe que contiene el surfactante polioxietileno amina (POEA), ácidos orgánicos de glifosato relacionados, isopropilamina y agua. En el presente estudio se hará referencia a características del glifosato sólo pero también a estudios científicos realizados con el Roundup.

Nombres comerciales

En Colombia el glifosato está registrado por Monsanto (ICA 1998) bajo los nombres comerciales de Roundup, Rocket, Rocky, Faena, Patrol, Squadron, Ranger y Fuede. Pero también otras empresas agroquímicas tienen registradas formulaciones comerciales con base en el mismo ingrediente activo, bajo los nombres de: Batalla (Bayer); Glyfoagri (Disagri); Socar (Agrevo); Crossout, Candela y Glyfosan (Agroser); Glifonox (Crystal); Glifosol (Coljap); Stelar (Dow); Panzer (Invequímica); Glyphogan (Magan); Faena (Proficol); Regio (Quimor); Sunup (Sundat); Glifosato Agrogen (Agroquímicos del Cauca) y Tunda (Fertilizantes Cafeteros).

Modo de acción

La acción herbicida del glifosato probablemente se debe a la inhibición de la biosíntesis de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina y triptofano), usados en la síntesis de proteínas y que son esenciales para el crecimiento y sobrevivencia de la mayoría de las plantas. El glifosato inhibe la enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintasa, importante en la síntesis de aminoácidos aromáticos; también puede inhibir o reprimir la acción de otras dos enzimas involucradas en otros pasos de la síntesis de los mismos aminoácidos, la clorismato mutasa y prefrenato hidratasa. Todas estas enzimas forman parte de la vía del ácido chiquímico, presente en plantas superiores y microorganismos pero no en animales.

El glifosato puede afectar también otras enzimas no relacionadas con la vía del ácido chiquímico. En caña de azúcar reduce la actividad de una de las enzimas involucradas en el metabolismo del azúcar, la ácido invertasa. Esta reducción parece estar mediada por auxinas, hormonas de las plantas.

El glifosato también afecta sistemas enzimáticos en animales y humanos. En ratas, cuando se les inyectó en el abdomen en un estudio, disminuyó la actividad de dos enzimas detoxificantes, el citocromo P-450 y una monooxigenasa; también disminuyó la actividad intestinal de otra enzima detoxificante, la aril hidrocarbano hidroxilasa (Cox 1995).

Formulaciones más tóxicas de glifosato

Investigaciones: De acuerdo con investigaciones en invernaderos en Maryland (Estados Unidos) y de campo en Hawaii, llevados a cabo entre 1995 y 1997, y con la adición de dos surfactantes, AL77 y Optima, al glifosato en la formulación Rodeo, se incrementó cuatro veces la toxicidad del glifosato a la coca, comparado con la fórmula comercial Roundup: 1.1 kg/ha de glifosato comercial (Roundup) (Collins & Helling). Supuestamente, de acuerdo con este estudio, la mezcla del herbicida actualmente usada en Colombia para los programas de erradicación de la coca habría sido modificada, con "excelentes" resultados.

Este supuesto cambio de fórmula coincide con denuncias de las comunidades afectadas, en el sentido de que se están causando más daños a pastos y cultivos alimenticios, y también son más graves los síntomas de intoxicaciones. En realidad no se conoce exactamente qué formulación se están utilizando. Los dos nuevos surfactantes propuestos tienen la siguiente composición:

AL77: Mezcla 1:1 en volumen de Agri-Dex y Silwet L-77.

Agri-Dex: mezcla de derivados polietoxilados de petróleo con base en parafina, de alto peso, y emulsificantes con base en sorbitan éster.

Silwet L-77: polialkileneóxido-modificado heptametiltrisiloxano.

OPTIMA: mezcla de alquil aminas polietoxiladas [C8-C18], alquil polioxiétilen glicoles, y ácidos orgánicos.

Efectos sobre la salud

Toxicidad aguda: Los plaguicidas que contienen glifosato como el Roundup están registrados en Colombia en la clase toxicológica IV, levemente tóxicos, basados en la DL₅₀ oral a ratas del ingrediente activo, considerada mayor de 5.000 mg/kg (anteriormente se consideraba de 4.320 mg/kg, clase toxicológica III). Pero en Estados Unidos estos herbicidas ya han sido reclasificados por la Agencia de Protección Ambiental EPA en la clase II, altamente tóxicos, por ser irritantes de los ojos (Meister 1995). La EPA lo tiene clasificado como un irritante medio, pero la Organización Mundial de la Salud ha encontrado efectos más serios; en varios estudios con conejos fue calificado como "fuertemente" irritante o "extremadamente" irritante (Cox 1995). El ingrediente activo glifosato solo está clasificado en categoría I, extremadamente tóxico. Tanto el glifosato solo como los productos que lo contienen son más tóxicos por vía dermal e inhalatoria que por ingestión, las vías comunes en la exposición ocupacional. En varios ensayos, la inhalación de Roundup en ratas causó signos de intoxicación en todos los grupos estudiados y aún en las concentraciones más bajas probadas. Los síntomas incluyeron secreción nasal oscura, jadeo, ojos congestionados, actividad reducida, pelo erizado, pérdida de peso corporal y los pulmones se encontraron congestionados con sangre.

El Roundup está en varios países entre los primeros plaguicidas que causan incidentes de envenenamiento en humanos. La mayoría de éstos han involucrado irritaciones dermales y oculares en trabajadores, después de exposición durante la mezcla, carga o aplicación. También se han reportado náuseas y mareos después de la exposición, así como problemas respiratorios, aumento de la presión sanguínea y reacciones alérgicas.

En casos de envenenamientos estudiados por médicos japoneses, la mayoría de ellos por ingestión accidental o intencional de Roundup, pero también por exposiciones ocupacionales, se reportó que los síntomas de envenenamiento agudo pueden incluir dolor gastrointestinal, pérdida masiva de líquido gastrointestinal, vómito, exceso de fluido en los pulmones, congestión o disfunción pulmonar, neumonía, pérdida de conciencia y destrucción de glóbulos rojos, electrocardiogramas anormales, baja presión sanguínea y daño o falla renal.

Gran parte de estos síntomas están actualmente siendo padecidos por los indígenas Yanaconas habitantes del Macizo Colombiano en el Departamento del Cauca en Colombia, particularmente niños, quienes están recibiendo fumigaciones indiscriminadas sobre casas de habitación, escuelas y personas trabajando en los

campos de cultivo (adicionalmente se están destruyendo los pastos de los que depende la alimentación de los animales, y cultivos de papa, maíz, cebolla, ullucos, cilantro y otros, de los que depende la sobrevivencia de estas comunidades).

Se ha considerado que el surfactante que lleva el Roundup es el causante principal de la toxicidad de esta formulación. El POEA tiene una toxicidad aguda más de tres veces mayor que la del glifosato, causa daño gastrointestinal y al sistema nervioso central, problemas respiratorios y destrucción de glóbulos rojos en humanos. Además está contaminado con 1-4 dioxano, el cual ha causado cáncer en animales y daño a hígado y riñones en humanos.

La EPA ha encontrado que exposiciones a residuos de glifosato en aguas de consumo humano por encima del límite máximo autorizado de 0.7 mg/l, pueden causar respiración acelerada y congestión pulmonar.

Toxicidad crónica: El glifosato también se ha encontrado tóxico a largo plazo en estudios con animales. Con dosis altas en ratas (900-1.200 mg/kg/día), se ha reportado disminución del peso del cuerpo en hembras; mayor incidencia de cataratas y degeneración del cristalino en machos y mayor peso del hígado en machos. En dosis bajas (400 mg/kg/día) ocurrió inflamación de la membrana mucosa estomacal en los dos sexos.

En ratones con dosis altas (alrededor de 4.800 mg/kg/día) se presentó pérdida de peso del cuerpo, excesivo crecimiento y posterior muerte de células hepáticas particulares e inflamación crónica de los riñones en machos; en hembras ocurrió excesivo crecimiento de células de los riñones. A dosis bajas (814 mg/kg/día) se presentó excesiva división celular en la vejiga urinaria (Cox 1995).

Para la EPA, exposiciones continuadas a residuos en aguas en concentraciones por encima de 0.7 mg/L pueden causar daño renal.

Efectos reproductivos: En pruebas de laboratorio con ratas y conejos el glifosato afectó la calidad del semen y la cantidad de espermatozoides (Cox 1995, Dinham, 1998). De acuerdo con la EPA, exposiciones continuadas a residuos en aguas en concentraciones por encima de 0.7 mg/L pueden causar efectos reproductivos en seres humanos.

Acción cancerígena: La EPA tuvo inicialmente clasificado al glifosato como clase "D": "no clasificable como carcinógeno humano". Posteriormente, a comienzos de la década de 1990, lo ubicó en clase "C": "Posible carcinógeno humano. Actualmente lo tiene clasificado como Grupo E, "evidencia de no carcinogénesis en humanos". Cuando se emitió esta clasificación se añadió que la clasificación se basaba en la evidencia disponible hasta el momento y que no debía ser interpretada como una conclusión definitiva de que el producto no fuera un carcinógeno en cualquier circunstancia. Esta afirmación probablemente se debió a que el potencial del glifosato para causar cáncer ha estado sujeto a controversia desde los primeros estudios a comienzos de la década de 1980.

El primer estudio (1979-1981) encontró un incremento en tumores testiculares intersticiales en ratas machos a la dosis más alta probada (30 mg/kg/día), así como un incremento en la frecuencia de un cáncer de tiroides en hembras. El segundo estudio (completado en 1983) encontró incrementos relacionados con la dosis en la frecuencia de un tumor renal raro. Otro estudio (1988-1990) encontró un incremento en el número de tumores de páncreas e hígado en ratas machos, junto con un incremento en el

mismo cáncer de tiroides encontrado anteriormente en hembras. Todos estos tumores no fueron considerados por la EPA relacionados con el compuesto: o se afirmaba que no había significancia estadística, que no era posible distinguir consistentemente entre los tumores de la tiroides y el cáncer, que no había tendencia relacionada con la dosis o que no había progresión a la malignidad.

Las dudas sobre el potencial carcinogénico del glifosato persisten, porque este ingrediente contiene el contaminante N-nitroso glifosato (NNG) a 0.1 ppm o menos, o este compuesto puede formarse en el ambiente al combinarse con nitrato (presente en saliva humana o fertilizantes), y es conocido que la mayoría de compuestos N-nitroso son cancerígenos. Y no existe nivel de seguridad frente a sustancias cancerígenas. Adicionalmente, en el caso del Roundup el surfactante POEA está contaminado con 1-4 dioxano, el cual ha causado cáncer en animales y daño a hígado y riñones en humanos. El formaldehído, otro carcinógeno conocido, es también otro producto de descomposición del glifosato.

Acción mutagénica Ninguno de los estudios sobre mutagénesis requeridos para el registro del glifosato ha mostrado acción mutagénica. Pero los resultados son diferentes cuando los estudios se realizan con formulaciones comerciales a base de glifosato: en estudios de laboratorio con varios organismos se encontró que el Roundup y el Pondmaster (otra formulación) incrementaron la frecuencia de mutaciones letales recesivas ligadas al sexo en mosca de la fruta; el Roundup en dosis altas, mostró un incremento en la frecuencia de intercambio de cromátidas hermanas en linfocitos humanos y fue débilmente mutagénico en la bacteria Salmonella. También se ha reportado daño al DNA en pruebas de laboratorio con tejidos y órganos de ratón (Cox 1995).

Efectos ambientales

Deriva: Dosis subletales de glifosato arrastradas por el viento (deriva) dañan flores silvestres y pueden afectar algunas especies a más de 20 metros del sitio asperjado. Al aplicar un plaguicida la deriva es inevitable y dependerá de varias circunstancias, entre ellas la forma de aplicación, terrestre o aérea; la velocidad del viento. Las distancias medidas para las diferentes técnicas de aplicación son las siguientes:

Aplicaciones terrestres: entre 14% y 78% del glifosato aplicado sale del sitio. Especies sensibles murieron a 40 metros. Los modelos indican que especies susceptibles pueden morir a 100 metros. Se han encontrado residuos a 400 metros del sitio de aplicación terrestre.

Aplicaciones con helicóptero: Entre 41% y 82% del glifosato aplicado con helicóptero se desplaza fuera del sitio. En un estudio en California se encontró glifosato a 800 m, la mayor distancia estudiada.

Aplicaciones con avión: Con este sistema ocurre la deriva a mayores distancias. En un estudio en California el glifosato se encontró a 800 m, la mayor distancia estudiada.

En Canadá han calculado que las zonas buffer deben estar entre 75 y 1.200 m para evitar daños a la vegetación que se quiere proteger.

Contaminación del suelo: La información sobre el movimiento y la persistencia del glifosato en suelos es variada. De acuerdo con la EPA y otras fuentes, el glifosato que llega al suelo es fuertemente adsorbido, aún en suelos con bajos contenidos de arcillas y materia orgánica. Por ésto, aunque es altamente soluble en agua, se considera que es inmóvil o casi inmóvil, permaneciendo en las capas superiores del suelo, siendo

poco propenso a la percolación y con bajo potencial de escorrentía, excepto cuando se adsorbe a material coloidal o partículas suspendidas en el agua de escorrentía.

Varios investigadores afirman que el glifosato puede ser fácilmente desorbido en algunas clases de suelo, o sea que se puede soltar de las partículas pudiendo ser muy móvil en el ambiente del suelo (Dinham, 1998). En un suelo, 80% del glifosato adicionado desorbió o se soltó en un período de dos horas (Cox 1995).

Las pérdidas por volatilización o fotodescomposición son insignificantes, pero es descompuesto por microorganismos, reportándose vidas medias en el suelo (tiempo que tarda en desaparecer la mitad de un compuesto del ambiente) de alrededor de 60 días (2 meses) según la EPA y de 1 a 174 días (casi 6 meses) para otros. Sin embargo, la EPA añade que en estudios de campo los residuos se encuentran a menudo al año siguiente.

Existen estudios que hablan de una larga persistencia en suelos. Se considera que la degradación inicial es más rápida que la degradación posterior de lo que permanece, resultando en larga persistencia. La persistencia larga se ha encontrado en varios estudios, resultando en 249 días en suelos agrícolas y entre 259 a 296 días en ocho sitios forestales de Finnish; 335 días en un sitio forestal de Ontario (Canadá); 360 días en tres sitios forestales en Columbia Británica (Canadá); y de 1 a 3 años en 11 sitios forestales de Suecia.

No es fácil detectar residuos en laboratorio de sustancias altamente solubles en agua como el glifosato, tebutiuron e imazapyr, porque en las pruebas de laboratorio se trabaja comúnmente con solventes orgánicos. De ahí que sean importantes las pruebas biológicas o siembra de cultivos susceptibles, los cuales pueden permitir detectar presencia de herbicidas cuando ya no se detecten residuos en laboratorio.

Contaminación de aguas: El glifosato es altamente soluble en agua, con una solubilidad de 12 gramos/litro a 25°C. De acuerdo con la EPA, puede entrar a ecosistemas acuáticos por aspersión accidental, por derivas o por escorrentía superficial. Debido a su estado iónico en el agua no se espera que se volatilice de aguas ni de suelos. Se considera que desaparece rápidamente del agua, como resultado de adsorción a partículas en suspensión como materia orgánica y mineral, a sedimentos y probablemente por descomposición microbial.

Si se acepta que el glifosato se adsorbe fácilmente a partículas de suelo tendrá poco potencial para moverse a contaminar aguas superficiales y subterráneas. Pero si se desorbe o suelta fácilmente de las partículas de suelo como se mencionó en el punto anterior la situación cambia. Lo cierto es que el glifosato se ha encontrado contaminando aguas superficiales y subterráneas. Por ejemplo, contaminó por escorrentía dos estanques en granjas de Canadá, uno por un tratamiento agrícola y el otro por un derrame; contaminó aguas superficiales en Holanda; y siete pozos en Estados Unidos (uno en Texas y seis en Virginia) se encontraron contaminados con glifosato.

Su persistencia en aguas es más corta que en suelos. En Canadá se ha encontrado que persiste de 12 a 60 días en aguas de estanques pero persiste más tiempo en los sedimentos del fondo. La vida media en sedimentos fue de 120 días en un estudio en Missouri, Estados Unidos. La persistencia fue mayor de un año en sedimentos en Michigan y en Oregon.

En el Reino Unido, la Welsh Water Company ha detectado niveles de glifosato en aguas desde 1993, por encima de los límites permisibles fijados por la Unión Europea.

Contaminación de alimentos: Los análisis de residuos de glifosato son complejos y costosos, por eso no son realizados rutinariamente por el gobierno en Estados Unidos. Pero existen investigaciones que demuestran que el glifosato puede ser tomado por las plantas y movido a las partes que se usan como alimento. Por ejemplo, se ha encontrado glifosato en fresas, moras azules, frambuesas, lechugas, zanahoria y cebada después de su aplicación.

Su uso antes de la cosecha de trigo para secar el grano resulta en "residuos significativos" en el grano según la Organización Mundial de la Salud; el afrecho contiene residuos 2 a 4 veces mayores que el grano completo y no se pierden durante el horneado.

Se han encontrado residuos de glifosato en lechuga, zanahoria y cebada, sembrados un año después de que el glifosato fue aplicado.

Efectos en animales:

Insectos y otros artrópodos benéficos: El glifosato es tóxico a algunos organismos benéficos como avispas parasitoides y otros artrópodos predadores, a artrópodos del suelo importantes en su aireación y en la formación de humus; y a algunos insectos acuáticos.

Peces y otros organismos acuáticos: Diferentes especies de peces tienen diferentes susceptibilidades al glifosato. Las toxicidades agudas en términos de la CL50 oscilan entre 3.2 a 52 ppm, lo cual significa toxicidad moderada. Pero el Roundup es unas 30 veces más tóxico a peces que el glifosato solo, o sea que es desde extremada a altamente tóxico a éstos organismos acuáticos.

Hay factores que influyen en la toxicidad del glifosato y de productos que lo contienen, como a) la especie; b) la calidad del agua (el glifosato en aguas blandas puede ser unas 20 veces más tóxico a la trucha arco iris que en aguas duras); c) la edad también influye, por ejemplo el Roundup puede ser cuatro veces más tóxico a trucha arco iris en estados juveniles que en edades mayores; d) La nutrición influye en la toxicidad, siendo mayor cuando los peces están hambrientos; e) Respecto a la temperatura, la toxicidad aumenta al aumentar la temperatura, siendo mayor el efecto en especies acuáticas susceptibles a estos cambios.

Efectos subletales sobre peces también pueden ser significativos y ocurren a bajas concentraciones en el agua. Por ejemplo, en estudios con trucha arco iris y tilapia, concentraciones equivalentes a la mitad y a la tercera parte de la CL50 causaron nado errático y la trucha también mostró dificultad para respirar. Los cambios de comportamiento alteran su capacidad de alimentación, migración y reproducción y pierden capacidad de defensa.

Aves: El glifosato es moderadamente tóxico a aves. Además de efectos directos puede tener impactos indirectos porque mata plantas, por tanto puede causar cambios dramáticos en la estructura de la comunidad de plantas afectando las poblaciones de aves, porque ellas dependen de las plantas para alimentarse, protegerse y anidar. Esto ha sido documentado con estudios de poblaciones expuestas.

Pequeños mamíferos: En estudios de campo, poblaciones de pequeños mamíferos también se han visto afectadas a causa del glifosato, por muerte de vegetación que ellos o sus presas utilizan para alimentarse o protegerse.

Lombrices de tierra: Un estudio en Nueva Zelanda mostró que el glifosato afecta significativamente el desarrollo y la sobrevivencia de una de las lombrices más comunes en sus suelos agrícolas. Aplicaciones cada 15 días en dosis bajas (1/20 de la dosis normal), redujeron el crecimiento e incrementaron el tiempo de madurez y la mortalidad.

Efectos sobre plantas deseables: El glifosato, por ser herbicida de amplio espectro, tiene efectos tóxicos sobre la mayoría de especies de plantas. Afecta árboles y arbustos de los cercos y cultivos cercanos, e incrementa la susceptibilidad de los cultivos a enfermedades. Puede ser un riesgo para especies en peligro de extinción si se aplica en áreas donde ellas viven.

En un estudio el glifosato inhibió la formación de nódulos fijadores de nitrógeno en trébol durante 120 días después del tratamiento.

Malezas resistentes: En 1996 se descubrió ryegrass resistente a glifosato en Australia.

Flujo de genes de cultivos transgénicos: El flujo de genes en niveles significativos de cultivos transgénicos es inevitable. Se ha comprobado que la dispersión del polen por el viento de campos de cultivo grandes, ocurre a distancias mucho mayores y en mayores concentraciones que lo que se predice a partir de lotes experimentales. Por tanto, es real el riesgo de transmitir a malezas similares, la resistencia a herbicidas introducida por ingeniería genética a los cultivos.

Incremento del uso de herbicidas con cultivos Roundup Ready: Los cultivos resistentes a herbicidas intensificarán e incrementarán la dependencia del uso de herbicidas en la agricultura en vez de disminuirla como dicen los fabricantes, con el incremento de efectos ambientales adversos en suelos y aguas y repercusiones en la salud.

El desarrollo de la resistencia al glifosato en malezas por el flujo de genes, o las prácticas para minimizar los riesgos de la resistencia en las malezas, perpetuarán la práctica de aplicar mezclas de herbicidas. También existe el riesgo de que se reintroduzcan herbicidas para controlar poblaciones feroces de cultivos y malezas resistentes al glifosato.

Incremento del uso de insecticidas y fungicidas: La toxicidad del glifosato a organismos benéficos del suelo, a artrópodos benéficos predadores y su capacidad de incrementar la susceptibilidad de los cultivos a enfermedades, significa que su uso lleva a los agricultores a incrementar el uso de insecticidas y fungicidas.

Fracasos en producción de algodón Roundup Ready: El algodón Roundup Ready resistente al glifosato fue introducido en Estados Unidos en 1997. En la primera cosecha fracasaron 12.000 hectáreas. Una cuarta parte de 200 agricultores con licencia para cultivar el algodón encontraron cápsulas deformadas y pérdida temprana de cápsulas.

Referencias

Collins, Ronald T. And Helling, Charles S. Increased control of *Erythroxylum* sp. By glyphosate utilizing various surfactants. DRAFT COPY. Weed Science Laboratory, USDA-ARS, BARC-W, 10300 Baltimore Ave, Beltsville, MD USA 1999

Cortina, Germán D. Evaluación del impacto mutagénico del glifosato en cultivos de linfocitos. Fundación Esawá. Florencia, Caquetá. 13 p.

Cox, Caroline. Glyphosate, Part 1: Toxicology. En: Journal of Pesticides Reform, Volume 15, Number 3, Fall 1995. Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides, Eugene, OR. USA. 13 p.

Cox, Caroline. Glyphosate, Part 2: Human exposure and ecological effects. En: Journal of Pesticides Reform, Volume 15, Number 4, Winter 1995. Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides, Eugene, OR. USA. 14 p.

Dinham, Barbara. Resistance to glyphosate. En: Pesticides News 41: 5, September 1998. The Pesticides Trust. PAN-Europe. London, UK.

Dinham, Barbara. "Life sciences" take over. En: Pesticides News 44: 7, June 1999. The Pesticides Trust. PAN-Europe. London, UK.

Instituto Colombiano Agropecuario ICA. División Insumos Agrícolas. Listado general de plaguicidas registrados hasta agosto 26 de 1998. Santafé de Bogotá. 21 p.

Meister, Richard. 1995 Farm Chemicals Handbook. Meister Publishing Company. Willoughby, USA. 922 p.

EPA. Technical Fact Sheets on: Glyphosate. National Primary Drinking Water Regulations. Documento obtenido por Internet, junio de 1999.

U.S. Department of Agriculture, Forest Service by Information Ventures, Inc. Glyphosate, Pesticide Fact Sheets. November 1995.