

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**  
**INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEA)**

**Observaciones al “Estudio de los efectos del programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante la aspersión aérea con el herbicida Glifosato (PECIG) y de los cultivos ilícitos en la salud humana y en el medio ambiente”**

**Tomás León Sicard**

Agrólogo PhD.

Director Programa de Investigación en Impactos de Cultivos de Uso Ilícito (PIAC) IDEA – UN.

Director (e) Instituto de Estudios Ambientales IDEA – Universidad Nacional

**Javier Burgos Salcedo**

Biólogo candidato PhD.

Investigador - Profesor Programa de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo IDEA – UN.

**Catalina Toro Pérez**

Arquitecta candidata PhD.

Investigadora Programa de Investigación en Impactos de Cultivos de Uso Ilícito (PIAC) IDEA – UN.

**César Luengas Baquero**

Zootecnista Esp.

Investigador Programa de Investigación en Impactos de Cultivos de Uso Ilícito (PIAC) IDEA – UN.

**Claudia Natalia Ruiz Rojas**

Ingeniera Civil Ms.

Investigadora Programa de Investigación en Impactos de Cultivos de Uso Ilícito (PIAC) IDEA – UN.

**Claudia Patricia Romero Hernández**

Ingeniera Topógrafa Ms.

Investigadora Programa de Investigación en Impactos de Cultivos de Uso Ilícito (PIAC) IDEA – UN.

**Bogotá, mayo 11 de 2005.**

## PRESENTACIÓN

El documento citado, que ha sido elaborado por los doctores Keith Solomon, Arturo Anadón, Antonio Luiz Cerdeira, Jon Marshall y Luz Helena Sanín (en adelante Solomon y colaboradores), constituye una importante referencia nacional para los futuros trabajos de investigación que se realicen sobre el tema. Se acompaña de abundantes citas bibliográficas e información valiosa en algunos tópicos, con argumentaciones amplias en los temas seleccionados.

El documento, que se elaboró bajo el auspicio de la CICAD (Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas), división de la Organización de Estados Americanos (OEA), presenta deficiencias en la manera como está estructurado, dado que carece del orden deseado en este tipo de documentos científicos. Adolece de un hilo conductor que, partiendo de la definición clara de los problemas a evaluar y de las hipótesis de partida, presente los procedimientos utilizados (metodología), los resultados encontrados y la discusión final de los mismos. Tales ítems se encuentran mezclados a lo largo del texto, dificultando su lectura.

La tesis central del estudio es demostrar que “ i)...las exposiciones al glifosato y sus adyuvantes tal y como se emplean en los programas de erradicación de amapola y coca no originan efectos adversos, agudos o crónicos en organismos no blanco, expuestos por diferentes rutas .y ...ii) que tales exposiciones no originan efectos adversos agudos o crónicos en organismos no blanco expuestos por diferentes rutas...”. En este esfuerzo Solomon y colaboradores apelan esencialmente a revisión de literatura existente y, en ocasiones, a pruebas experimentales realizadas en laboratorio.

Con base en el texto presentado, se pueden hacer las siguientes observaciones:

### 1 Sobre el Prefacio (página 2)

En primera instancia es necesario llamar la atención sobre las argumentaciones de partida del estudio: los autores reconocen que “... el Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos es tema de intenso debate por razones políticas, sociales y de otra índole...” y por lo tanto “.... se excluyen del estudio específicamente todos los aspectos sociales, políticos y económicos y *el informe final se basa estrictamente en la ciencia y en argumentos basados en la ciencia..(la cursiva es nuestra).*”.

Esta aseveración por parte de los autores es muy polémica, por lo menos por tres razones: primero, porque excluye a las ciencias sociales, humanas y económicas del análisis ambiental; segundo, porque coloca el acento solamente en las explicaciones que provengan de las ciencias naturales o ciencias “duras” en un fenómeno que, en realidad, toca muchos más de los aspectos considerados por ellos y tercero, porque es ineludible que este estudio, o cualquier otro de la misma índole realizado bien sea por investigadores del país o, como en el caso presente, por un grupo expresamente seleccionado a nivel internacional, se utilizará con fines políticos.

La ciencia no puede declararse neutra frente a la sociedad alegando que su método es puro e imparcial, cuando sus motivaciones y resultados se insertan en el debate social. Más aún cuando se trata de temas tan sensibles social, económica, política y



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES -IDEA-

militarmente, como el que trata el estudio, que se encuentran en el centro de polémicas con repercusiones mundiales, y que se ligan con derechos humanos fundamentales, como el de la vida, el ambiente sano y la salud de los colombianos.

En lo que toca al primer aspecto señalado, es preciso insistir en que, desde hace más de treinta años, el mundo reconoce que la dimensión ambiental es, precisamente, la conjunción de las complejas dinámicas sociedad – naturaleza o ecosistema – cultura y ello se ha expresado en una innumerable literatura tanto desde las vertientes ecológicas como antropológicas, sociopolíticas y económicas (Tamames, 1980; PNUD, 1990; Angel, 1993 a y b; Tyler, 1994; Sachs, 1996; Angel, 1996; Carrizosa, 1999, 2003).

A pesar de su buena intención por delimitar el campo de estudio, que en sí mismo es una actitud legítima, los autores no pueden olvidar la complejidad del asunto, especialmente porque ello tiene efectos tanto en su metodología como en sus conclusiones.

En su metodología, porque olvidaron incluir los efectos económicos, institucionales, políticos o sociales que tiene la fumigación con herbicidas en los campos de los productores (pérdida y disminución de rendimientos en cultivos lícitos, afectación de animales domésticos, desplazamientos de población, cambios en las relaciones familiares de los agricultores afectados o agudización del conflicto armado en Colombia, por solo citar cinco ejemplos).

En sus conclusiones porque, como puede observarse en la página 107 los autores afirman que “ los riesgos adicionales asociados con el programa de aspersión son pequeños..” cuando el estudio no consideró, o si lo hizo fue de manera tangencial, los riesgos directos o indirectos sobre ecosistemas o agroecosistemas vecinos, pérdidas de biodiversidad, desplazamientos de población o incremento en procesos erosivos como consecuencia del uso del herbicida.

En segundo lugar, la confianza total en la ciencia también es relativa. Las argumentaciones en contra del glifosato, también son abundantes en la literatura mundial y, sin embargo, no fueron suficientemente exploradas por los autores. Ello quiere decir que la ciencia enfrenta problemas cuando pretende ser objetiva, porque es un ejercicio humano. Aquí vale la pena anotar el famoso ejemplo del vaso que está hasta la mitad de su volumen ocupado con agua: para algunos observadores está medio lleno y para otros estará medio vacío. La pretendida objetividad científica de las ciencias positivas, también está en duda.

En relación con el tercer punto basta señalar que, desde el mismo día en que los autores expusieron públicamente sus resultados, las reacciones de la sociedad civil y del gobierno no se han hecho esperar, unas a favor y otras en contra del estudio, prueba fehaciente de su innegable importancia política<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Ver comunicados de prensa, carta de la red de estudiantes en el exterior, declaraciones públicas del Ministro del Interior y las más de 3500 comunicaciones enviadas a los presidentes Uribe y Bush rechazando las inminentes fumigaciones en los Parques Nacionales de Colombia.

## 2 Sobre el enfoque del trabajo

El proyecto tiene una grave deficiencia: se basó en estudios secundarios para estimar los efectos del herbicida en la salud humana, acogiendo la mayor parte de los que juegan a su favor, pero desestimando aquellos que indican riesgos. Es más: no solo, Solomon y colaboradores no consultaron la lista de quejas (en la actualidad reposan más de 8000 en la Defensoría del Pueblo)<sup>2</sup> que han interpuesto diferentes actores de la sociedad colombiana sobre los efectos ambientales de las fumigaciones. Allí seguramente hubieran encontrado una gran cantidad de datos para verificar.

Un trabajo en esta dirección fue realizado por Luengas (2005) quien examinó las bases de datos de la Defensoría del Pueblo y de la Dirección Nacional de Estupefacentes (DNE), encontrando que el 87% de las quejas interpuestas corresponde a daños sobre la vegetación<sup>3</sup>, el 6,9% a salud humana y el resto a animales y cuerpos de agua.

Además, consideramos que la variable seleccionada para estimar los efectos del Glifosato en la salud humana (Fertilidad Humana, en particular Tiempo Para Quedar En Embarazo) es insuficiente para valorar el efecto del herbicida, debido a que:

- ◆ Dichos efectos son evidentes en intervalos de tiempo superiores a los considerados en ese estudio.
- ◆ Los efectos de compuestos químicos del tipo de los que se usan en agricultura, son evidentes a escala cromosómica en las poblaciones expuestas y por un incremento en la proporción de enfermedades genéticas en sus descendientes, variables que no fueron consideradas en el estudio de Solomón y colaboradores.

Es por estas razones que los operarios que manipulan estas sustancias están obligados a utilizar ropa especial y medidas adicionales de seguridad, cosa que no ocurre en las personas que, de una u otra manera, se encuentran expuestas en los campos de cultivo en los momentos de la aspersión aérea del herbicida.

Sobre estudios que indican riesgos en la salud es necesario destacar el que realizó recientemente Maldonado (2003) y que presenta evidencias de lesiones genéticas en el 36% de las células de la totalidad de mujeres que estuvieron expuestas a fumigaciones con el herbicida en la frontera colombo – ecuatoriana. Otras evidencias en la misma línea debieron ser consultadas (Nivia, 2001; Warren, 2001; Kaczewer, 2002)<sup>4</sup>.

---

<sup>2</sup> Comunicación personal de funcionarios de la Defensoría del Pueblo (abril de 2005).

<sup>3</sup> Este resultado es de esperarse debido a que el glifosato es un herbicida y su primera acción ocurre sobre el componente vegetal.

<sup>4</sup> "La toxicidad del glifosato comercial a la concentración del 48% presenta una dosis letal media mínima (*cantidad requerida, en una sola dosis, para matar a la mitad de los* individuos en experimentación de un grupo homogéneo), por vía oral de 4.900 a 5.000 miligramos por kilogramo de peso vivo en ratas hembras y se ha clasificado como Categoría IV de toxicidad (asignada por la FEDERAL, INSECTICIDE, FUNGICIDE AND RODENTICIDE ACT., FIFRA), Categoría III para toxicidad inhalatoria, y Categoría IV para la toxicidad dérmica. La Environmental Protection Agency, EPA., según criterios de la FIFRA y en igualdad de condiciones, le asignó Categoría II por el efecto ocular irritante y la opacidad corneal en conejos, efectos, estos últimos que según el fabricante son originados por la seboamina etoxilada que se utiliza como surfactante y que también tiene la capacidad de causar irritación gastrointestinal, náuseas, vómito y diarrea (...)." Defensoría del Pueblo, Informe Evaluativo No. 3010-04, cuaderno 6, folios 18 a 31".



Igualmente, Richard *et al.*, en una reciente investigación sobre los efectos diferenciales del glifosato y el Round-up, demuestran que el glifosato es tóxico para las células placentarias humanas JEG3 dentro de las 18 horas siguientes a la exposición en concentraciones más bajas que las usadas en agricultura y que este efecto se incrementa con el aumento en la concentración y el tiempo de exposición o en presencia de coadyuvantes del Round-up.

Una reflexión final en este sentido: la salud de los seres humanos no es solamente física. También es mental. Hubiera sido interesante explorar qué efectos psicológicos tiene la fumigación aérea en las percepciones de niños, hombres y mujeres que se ven afectados por estas acciones en donde participan, como lo admite el equipo de expertos, aviones de combate y helicópteros artillados.

Pasemos ahora a las observaciones generales sobre los procedimientos científicos utilizados:

### **3 En relación con el planteamiento del problema (páginas 22 y 23).**

El problema de investigación no está claramente delimitado en el texto. Tradicionalmente la definición de los problemas de investigación se expresan en párrafos cortos o en preguntas concretas que se deben resolver (las cuales incluyen las variables a estudiar al igual que referencias de tiempo y espacio), lo cual no se especifica en ninguna parte. Se colige, no obstante, de lo expuesto en la página 23 del documento, que se trata de “... evaluar el riesgo en el uso del glifosato y de los adyuvantes para el control de los cultivos ilícitos...”. Como no se explicita claramente sobre quiénes se hará la evaluación, en qué condiciones ni a partir de qué procedimientos.....el documento entra en el campo de la ambigüedad, como se demostrará en las páginas siguientes.

### **4 Sobre la Metodología**

El texto final no presenta un capítulo específico de metodología y los lectores deben buscar los procedimientos utilizados en toda su extensión del texto, cosa que dificulta su lectura y comprensión. No obstante, la principal deficiencia metodológica se refiere a la misma concepción general del estudio.

Por ejemplo, en relación con los componentes ecosistémicos sobre los cuales buscar efectos del glifosato (que hace parte de las decisiones metodológicas), los autores no dieron en el blanco: buscaron efectos en donde posiblemente no los había o en donde era de esperar riesgos mínimos, ello en razón también a la deficiente delimitación del problema a investigar.

En efecto, se sabe que los herbicidas son tóxicos principalmente para las plantas y no para los animales (como bien lo señalan los autores en la página 25). De acuerdo con ello, los efectos a buscar, estimar y/o medir, deberían haber sido de manera prioritaria aquellos que provoca su aspersión directa sobre cultivos lícitos o sobre vegetación natural. Estamos seguros que de haberse ejecutado así, las conclusiones del estudio serían otras, porque la aspersión del herbicida afecta directamente la biodiversidad vegetal de estas áreas.



Una de las principales críticas en este sentido se relacionan con el hecho de que, de acuerdo con los resultados de Solomon y colaboradores, el glifosato afectaría de manera específica únicamente a los cultivos de coca y de ninguna manera a otras especies vegetales. Sin embargo, hasta donde se sabe, el principio activo del glifosato (la isopropil amina) no tiene efectos especie-específicos, como se desprende de los resultados del trabajo mencionado. Incluso, en el documento: “Informe de Temas Relacionados con la Erradicación Aérea de Coca Ilícita en Colombia” publicado por la Oficina para Asuntos Internacionales de Narcóticos y Ejecución de la Ley (INL) del Departamento de Estado (septiembre de 2002.)<sup>5</sup>, se reconoce que “el glifosato es un herbicida efectivo de amplio espectro, y por lo tanto se espera un riesgo para las plantas no objetivo fuera de la zona de aplicación”.

Es más: en relación con el suelo, no era urgente detallar el proceso de adsorción de las moléculas de glifosato a los complejos arcillo-húmicos del medio edáfico. Bastaba con realizar estimaciones o mediciones sobre la erosión del recurso que, para zonas de bosques húmedos tropicales bajo cultivos limpios se ha estimado en cantidades superiores a 25 toneladas / hectárea / año. Mosquera (1985) ya desde esa época afirmaba que erosiones superiores a 25 t / ha / año eran consideradas como severas. Morgan (1986) afirma que en superficies deforestadas en porcentajes cercanos al 35% ya la erosión alcanza en los bosques húmedos tropicales, tasas tan altas como 15 t / ha.

Hubiese sido realmente interesante para Colombia conocer estimaciones sobre la pérdida de suelos como efecto directo de la remoción de las coberturas vegetales causadas tanto por la aspersión del Round- Up como por la introducción de los cultivos de coca. También estamos seguros que acá el trabajo hubiera aumentado su utilidad para el país.

## 5 Sobre el ambiente receptor

En la página 33 del informe se consigna información discutible: los autores indican que “... dado que los puntos críticos de diversidad se asocian principalmente con las tierras altas de los Andes y que la coca se cultiva en su gran mayoría en altitudes más bajas, *existe tan sólo algo de superposición* (la cursiva es nuestra) entre las áreas de producción de coca y las regiones de gran biodiversidad....”.

Hasta donde la literatura mundial indica, los bosques húmedos tropicales que son las zonas en donde mayoritariamente se cultiva la coca, representan también las áreas más sensibles (hot spots) de la biodiversidad, con lo cual no es que exista algo de superposición, sino todo lo contrario: se está fumigando en las zonas más sensibles de la biodiversidad planetaria (Sisk *et al*, 1994).

Los bosques húmedos tropicales se caracterizan por ser los ecosistemas de mayor complejidad estructural, estratificación y diversidad de especies del mundo. Alrededor del 50% de la diversidad mundial de especies de flora descritas se concentran en estos ecosistemas (Gentry, 1993).

---

<sup>5</sup> <http://bogota.usembassy.gov/wwwfepag.pdf>



Los trabajos sobre biodiversidad en Colombia son extensos y los han realizado varias entidades: la Unidad de Parques Nacionales del Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Instituto Alexander von Humboldt, el Instituto de Investigaciones Amazónicas "Sinchi", Organizaciones No Gubernamentales como Prosierra, Natura, Tropenbos y varias Universidades (Nacional, Javeriana, Andes, Antioquia, Valle entre otros), que han generado amplia información desde distintas disciplinas en torno al tema de la biodiversidad y a las presiones que sobre ella existen., sin mencionar instituciones internacionales como WWF, Conservación Internacional o National Toxic Network, entidades y trabajos que sugerimos sean consultados por los investigadores en próximos estudios.

## **6 Depósitos fuera del objetivo.**

En la página 38 se presenta información que llama la atención, concerniente a las aspersiones que se salen de los objetivos (plantas de coca) y van a parar a zonas por fuera de los mismos. El profesor Solomon y sus colegas, citando a Payne *et al*, (1990) afirman que el efecto es mínimo aunque aceptan que "...este estimativo está basado en observaciones visuales de un número de cultivos relativamente pequeño...", lo cual en últimas quiere decir que este efecto no se ha medido.

Con todo, el dato presentado de 625,7 hectáreas afectadas por depósitos de glifosato fuera del objetivo para el año 2002, es preocupante, al igual que la información consignada por los autores sobre 22 zonas no objetivo que fueron afectadas con el herbicida de un total de 86 sitios visitados (es decir, el 25,6%). Esto implica que por lo menos 1 de cada cuatro operaciones de fumigación afecta zonas aledañas a los cultivos de coca, lo cual ya no es un efecto mínimo como lo sugería Payne *et al* (*op. cit*).

Este 25,6 % calculado por nosotros con base en los datos presentados en el informe de Solomon, contrasta con los bajos porcentajes de superficie que se señalan en el informe ("..entre el 0,25% y el 0,48% de la áreas para la producción de coca se dañaron por depósito del rociado fuera de sitio...."), información que no se sabe cómo se obtuvo dado que los autores aceptan que no hubo comprobación de campo.

Por otra parte, el profesor Solomon y sus colegas comparan estas zonas con toda la superficie de Colombia y concluyen que son pequeñas, lo cual no nos parece válido, porque con la misma razón se podría decir que las aproximadamente 80.000 hectáreas actuales de coca en el país también son muy pocas si se comparan con la superficie total de Colombia (7.1%).

## **7 Sobre el marco de referencia para la evaluación del riesgo (página 39 y siguientes)**

El método elegido para calificar los riesgos en la salud humana no está descrito adecuadamente. No se sabe cuáles fueron los rangos adoptados ni los criterios utilizados para los puntajes de 0 a 5 que se utilizaron ¿Se adoptaron ellos en consenso dentro del grupo? ¿A qué equivale en cada caso una calificación de 1, de 0,5 o de 3, por ejemplo?<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> En este sentido, cabe resaltar que una de las recomendaciones, del estudio de los supuestos efectos del glifosato en la salud humana elaborado por la clínica de toxicología Uribe Cualla y solicitado por la Embajada

En la tabla 11 es notorio que se adjudican 5 puntos (máximo efecto sobre la salud humana) al proceso de roza y quema. Preguntamos: ¿Cuáles son los efectos en la salud humana de tumbiar y quemar bosque? ¿No se confundirían los autores y calificarían el riesgo sobre pérdida de biodiversidad que ese sí es de 5?. En concordancia con lo anterior...¿Cómo se obtuvieron los puntajes de recuperación?...¿Para qué colocar los impactos de siembra y uso de fertilizantes si sus puntajes de intensidad son iguales a cero?.

Algo similar ocurre con los riesgos ecológicos (tabla 12). Aquí llama la atención los bajos puntajes asignados para la siembra (1) y uso de plaguicidas (2). Como no se especificó el procedimiento de asignación de estos puntajes, nosotros creemos que están subvalorados. La siembra de coca en tanto que cultivo limpio debe generar efectos significativos de erosión de suelos en los bosques húmedos tropicales, en donde las pendientes y las altas precipitaciones arrastran altas cantidades de material edáfico. Lo mismo sucede con el uso de plaguicidas. Los autores presentaron listas de agrotóxicos utilizados por los cocaleros, que incluyen sustancias de categoría 1<sup>a</sup> y 1b que son altamente tóxicas para especies no objetivo. ¿Luego, porqué colocar intensidades de riesgo tan bajas?.

En el modelo conceptual se menciona que los datos de toxicidad para el glifosato se obtuvieron de la literatura y de las pruebas de intoxicaciones agudas de animales de laboratorio realizadas con la mezcla glifosato – Cosmoflux, pero no se presentan los protocolos. Tampoco se presenta la manera como se estimaron los procesos de exposición por vía de la cadena alimenticia y del agua de consumo. De igual forma se omitieron los protocolos seguidos en los estudios epidemiológicos y en los ensayos sobre toxicidad en organismos estándar (página 42).

La discusión sobre los efectos del POEA, que los autores reconocen como importantes, se diluyen en el texto y no se presentan como adyuvantes que tienen efectos tóxicos superiores al glifosato técnico. Su discusión pasa desapercibida. No se mencionan las cantidades de POEA utilizadas, cuando la DNE admitía, por lo menos hasta el año 2002, que este coadyuvante era parte de la mezcla utilizada. Tampoco se menciona la aparición de moléculas de Dioxano, altamente cancerígenas en animales, que aparecen comúnmente como impurezas de la mezcla.

## **8 En relación con la caracterización de la exposición (capítulo 3, pagina 44 y siguientes)**

No estamos muy seguros que el grupo de asperjadores tenga la mayor probabilidad de exposición al glifosato, como se afirma en la página 44, dadas las medidas de seguridad que se toman. Creemos que el grupo más vulnerable es el de los productores de coca (circunstantes).

---

Estadounidense es que, “para poder determinar si existe un aumento en la frecuencia de problemas de salud y enfermedad después de las aspersiones aéreas con glifosato y si este supuesto aumento está relacionado con dicha exposición, se requiere de la práctica de un estudio epidemiológico-ambiental de tipo prospectivo. Sin embargo, esto no fue posible puesto que el diseño y ejecución del presente estudio fue cinco (5) meses posterior a las aspersiones aéreas”.



En relación con la exposición de los circunstantes (nombre dado en el estudio a quienes se encuentran expuestos en los campos de cultivo o zonas aledañas al cultivo), preocupa la extrapolación de información desde la bibliografía a la realidad (páginas 46 a 50).

Los autores afirman que "...es poco común que haya personas presentes en un cultivo de coca durante la aplicación del plaguicida y es posible que *una* persona pueda estar directamente en el corredor de rociado y que reciba una aplicación directa...", pero esto es pura especulación. Nadie ha contado el número de personas presentes en los momentos de fumigación en Colombia ni la manera en que se exponen al herbicida (torsos desnudos). Tampoco se han valorado las condiciones reales en que se desempeñan los coccaleros colombianos: el calor y la humedad influyen en el metabolismo humano y podrían modificar sustancialmente los patrones de adsorción por la piel vía sudor y mayor apertura de poros en los coccaleros. A ello habría que agregarle las condiciones de nutrición (que se supone bajas en estas áreas) y de defensa inmunológica de estos trabajadores, variables que no se conocen.

En este sentido, es conveniente citar las recomendaciones que hizo en el año 2002 la EPA (Environment Protection Agency) de los Estados Unidos al entonces Secretario de Estado Colin Powell, a propósito de las fumigaciones en Colombia: "... No estaba disponible la información detallada sobre el momento de la aplicación, la historia de la exposición y la documentación medica de los síntomas relacionados con la exposición a la mezcla de glifosato" (página 17) .... "... Durante las operaciones de aspersión se recomienda que se haga un rastreo de las quejas de salud , se documenten los tiempos de exposición y el inicio de los síntomas para poder evaluar los efectos sobre la salud y poder aminorar o prevenir su ocurrencia" (EPA, 2002). Estas recomendaciones de la EPA no se realizaron, en el estudio de Solomon y colaboradores.

Para las exposiciones al glifosato vía dieta y agua de consumo se especula con datos de varias partes del mundo (utilizando ejemplos de Norteamérica y Dinamarca), pero aquí tampoco pueden presumirse condiciones de igualdad, porque los campos colombianos que poseen coca se ubican en bosques lluviosos tropicales (con precipitaciones pluviales cercanas a 3000 mm / año, humedades relativas del 100%, temperatura del aire superior a 28 °C y suelos de tipo oxisol, entre otros factores) en donde seguramente las dinámicas de las moléculas químicas son muy diferentes a aquellas que ocurren en zonas templadas.

Por lo tanto, no resulta pertinente, por decir lo menos, adscribirle valores de exposición a los coccaleros por rociado directo, reingreso o inhalación, estimados solo a partir de revisión de literatura.

Dada la importancia del estudio y sus innegables consecuencias en la toma de decisiones, los autores debieron considerar la posibilidad de estudiar las múltiples quejas interpuestas por los productores afectados (más de 8 mil en el momento actual), que reposan en los archivos de la Dirección Nacional de Estupefacientes y en la Defensoría del Pueblo y a partir de allí diseñar una metodología que pudiera establecer *in vivo*, los parámetros que se buscaron en la bibliografía. Colombia es, quizás, el único país del mundo que puede ofrecer a la "ciencia", los testimonios reales de miles de personas afectadas por las fumigaciones y es deber de la ciencia basarse en tales testimonios para verificarlos o desecharlos. El resto es especulación.

Por otra parte, como se verá más adelante, los autores no describieron las condiciones “experimentales” para justificar la afirmación de la página 50 que dice textualmente: “... las exposiciones por el consumo de agua superficiales no tratadas se consideran bajas y poco frecuentes, en áreas en donde se realiza la aspersión para erradicación...”

## **9 En relación con las exposiciones ambientales (página 50 y siguientes)**

Los autores presentan evidencias bibliográficas que tienden a demostrar que las concentraciones de glifosato en aguas superficiales “...son relativamente pequeñas...” pero reconocen que ello no se ha medido en Colombia. Proponen, en consecuencia, un estudio de monitorización para medir las concentraciones de glifosato, AMPA y otros plaguicidas en aguas superficiales.

Lamentablemente no describieron las condiciones generales en que se desarrolló el estudio, aunque citan informes individuales en donde se encuentran mayores detalles sobre temperatura, precipitación pluvial y características del suelo. En ausencia de mayor información y solo en relación con lo consignado en el informe de Solomon y sus colaboradores es posible, por lo tanto, realizar las siguientes preguntas (página 54) :

- ◆ ¿Cuáles fueron los criterios para seleccionar las cinco zonas (Valle del Cauca, Boyacá, Sierra Nevada, Putumayo y Nariño), tan disímiles entre sí, no sólo en términos de geología, geomorfología, suelos, clima y vegetación sino en relación con los sistemas de manejo de las unidades productivas?.
- ◆ ¿Cuáles son los parámetros internos de suelo (morfología del perfil modal, textura, conductividad hidráulica, permeabilidad, nivel freático, mineralogía y materia orgánica) que se utilizaron para diferenciar las zonas seleccionadas?. ¿Se caracterizaron estos parámetros?.
- ◆ ¿Cuáles fueron los parámetros externos (drenaje, pendiente) de los suelos en estudio? ¿Cuál es su taxonomía?
- ◆ ¿A partir de qué momento específico posterior a las aplicaciones de glifosato se iniciaron los muestreos?.
- ◆ ¿Qué dosis del herbicida se utilizaron? ¿Aplicados a qué tipo de cultivos?
- ◆ ¿Cuál era la extensión de las áreas en que se asperjó el glifosato en relación con las coberturas vegetales de las microcuencas estudiadas?
- ◆ ¿Porqué no se utilizaron como testigos las microcuencas aledañas a las zonas seleccionadas?
- ◆ ¿Qué tan lejos o qué tan cerca estaban las zonas fumigadas de las zonas de muestreo? ¿Qué obstáculos se oponían o qué factores favorecían la llegada del glifosato a las aguas superficiales?
- ◆ ¿Cuáles fueron los criterios utilizados para definir las frecuencias de muestreo?
- ◆ ¿Cuáles fueron las líneas base de comparación en el tiempo y el espacio?

Las anteriores preguntas son pertinentes en razón de que las variables señaladas afectan la interpretación de los resultados obtenidos.

Por lo tanto, no resulta apropiado afirmar que “.....se ha producido poca o ninguna contaminación con glifosato de las aguas superficiales, en concentraciones significativas, por el uso de glifosato en aspersiones de agricultura o erradicación en Colombia...”. Esta afirmación, que es en sí misma una conclusión, no puede desprenderse del estudio de cinco lugares, con un muestreo limitado y con tantas incertidumbres como las anotadas. Desborda lo que pudo comprobarse en campo con las estaciones seleccionadas y exagera la magnitud de los datos obtenidos, es decir, no es coherente con la metodología empleada.

En relación con los efectos sobre el suelo (numeral 3.1.4.3), los autores presentan la tabla 15 en la que aparecen varios datos que no se sustentan en el texto. Aceptan, por otra parte, que “no hay disponibles mediciones directas de las concentraciones de glifosato y AMPA de los cultivos de coca y amapola..” y por allí mismo concluyen que la recolonización de plantas es rápida y que “no se han observado efectos adversos en términos de recolonización o resembrado de los cultivos asperjados...”.

Tales afirmaciones contradicen otras en el mismo texto que hablan de “repasos” de una o dos veces al año de los cocales.

Pero más allá de estos efectos, los miembros del IDEA insisten en que los efectos directos del herbicida sobre los suelos se debieron haber buscado más en las tasas de erosión que en su persistencia biológica. No obstante, en este mismo aspecto, la literatura ofrece ejemplos que muestran que el glifosato puede persistir en el suelo por meses e incluso años y que sus productos de alteración en el mismo pueden resultar más tóxicos que la molécula original.

## **10 Sobre la caracterización de los efectos**

El documento presenta una variada muestra de artículos a favor y en contra de los efectos que provoca o no el glifosato en mamíferos y en humanos. Casi todos los que demuestran algún vínculo entre glifosato y efectos negativos en la salud humana son criticados fuertemente y luego desechados como pruebas no válidas. Incluso existe un pie de página (página 58) en el que se descartan dos artículos de Post (1999) y Cox (1998) por panfletarios y por querer aparecer como publicaciones científicas.

Lo curioso es que casi la mitad de las citas que utilizan los autores para demostrar la inocuidad del glifosato, se refieren a Williams (2000) y a Williams *et al* (2002) que son investigadores cuyos trabajos se realizaron al amparo de Monsanto, la empresa productora del glifosato.

Luego de cada revisión por temas específicos, los autores van concluyendo que el glifosato no es tóxico para ningún caso, no siendo coherentes con los trabajos que se exponen (ver segundo párrafo de la página 63). Nótese que Solomon y colaboradores mencionan acá al POEA como posible responsable de la toxicidad en suicidas.

Celebramos, sin embargo, que los expertos de la OEA admitan que “... las exposiciones en la población estudiada nunca se miden directamente y es común el uso de sustitutos.....que son susceptibles de errores significativos.....las consecuencias de esta suposición podría ser una alta tasas de falsos positivos en la clasificación de la



exposición.....*el impacto de este error puede ser profundo y rara vez se ha cuantificado. Hasta que no se haya mejorado la clasificación de la exposición a los plaguicidas en los estudios epidemiológicos, los resultados de los efectos en la salud estarán sujetos a sesgos de clasificación errónea...*" (página 64).

Esta declaración de los propios autores del informe de la OEA. resume la clave del debate.

De allí en adelante los autores exponen varios ejemplos de estudios que relacionan cáncer con glifosato pero, en la misma línea de su sesgo analítico, los rebaten para concluir que ello no se da, al igual que los probables efectos neurológicos o efectos en la reproducción de humanos.

#### **11 Sobre los efectos del glifosato en organismos ambientales (sic) no objetivo (página 72 y siguientes).**

Al igual que en los casos anteriores, los autores presentan evidencias sobre efectos negativos del herbicida, pero todas acompañadas de sus respectivas glosas o críticas y al final terminan desvirtuándolas por diferentes razones (dosis estudiadas irreales, metodologías inadecuadas, pocos muestreos o casos) y rechazando sus conclusiones. Así sucede con invertebrados y microorganismos del suelo y con vertebrados e invertebrados terrestres. Cuando se admite algún efecto negativo del glifosato (por ejemplo sobre algunas aves), se indica que tales efectos son relativamente pequeños o que los organismos afectados se recuperan rápidamente (p.76). Al final admiten algunos efectos negativos sobre ranas.

Sería recomendable que los autores consideraran con mayor seriedad los reportes que critican tanto al glifosato técnico como a los coadyuvantes y a los productos comerciales (Round – up). Por considerarlo de interés, se adjunta el Anexo A que contiene el análisis del consultor Jeremy Bigwood contratado por el gobierno ecuatoriano en 2002 sobre efectos nocivos del glifosato y un listado bibliográfico de 207 referencias que el mismo autor recopiló sobre el tema.

Aunque no es la intención de este escrito realizar análisis detallados sobre la bibliografía existente (trabajo que se les encomendó a los expertos de la OEA.) transcribimos el *Abstract* de un reciente estudio realizado por Relyea (2005) que describe efectos deletéreos del glifosato sobre algunas especies acuáticas:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ  
INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES -IDEA-

## The Impact of Insecticides and Herbicides on the Biodiversity and Productivity of Aquatic Communities

RICK A. RELYEA /

Ecological Applications v.15, n.2 1 apr 2005

[More on [Roundup](#) | [Response to Monsanto's Concerns on this Study](#) by Dr. Relyea 1apr2005]

*Abstract.* Pesticides constitute a major anthropogenic addition to natural communities. In aquatic communities, a great majority of pesticide impacts are determined from single-species experiments conducted under laboratory conditions. Although this is an essential protocol to rapidly identify the direct impacts of pesticides on organisms, it prevents an assessment of direct and indirect pesticide effects on organisms embedded in their natural ecological contexts. In this study, I examined the impact of four globally common pesticides (two insecticides, carbaryl [Sevin] and malathion; two herbicides, glyphosate [Roundup] and 2,4-D) on the biodiversity of aquatic communities containing algae and 25 species of animals.

Species richness was reduced by 15% with Sevin, 30% with malathion, and 22% with Roundup, whereas 2,4-D had no effect. Both insecticides reduced zooplankton diversity by eliminating cladocerans but not copepods (the latter increased in abundance). The insecticides also reduced the diversity and biomass of predatory insects and had an apparent indirect positive effect on several species of tadpoles, but had no effect on snails. The two herbicides had no effects on zooplankton, insect predators, or snails. Moreover, the herbicide 2,4-D had no effect on tadpoles. However, **Roundup completely eliminated two species of tadpoles and nearly exterminated a third species, resulting in a 70% decline in the species richness of tadpoles.** This study represents one of the most extensive experimental investigations of pesticide effects on aquatic communities and offers a comprehensive perspective on the impacts of pesticides when nontarget organisms are examined under ecologically relevant conditions.

*Key words:* amphibian decline; *Anax junius*; *Bufo americanus*; *Daphnia*; *Dytiscus*; frogs; *Hyla versicolor*; *Lestes*; *Pseudacris crucifer*; *Rana pipiens*; *Rana sylvatica*; *Traema*.

<sup>1</sup> E-mail: [relyea@pitt.edu](mailto:relyea@pitt.edu) Department of Biological Sciences, 101 Clapp Hall, University of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania 15260 USA

*Key words:* amphibian decline; *Anax junius*; *Bufo americanus*; *Daphnia*; *Dytiscus*; frogs; *Hyla versicolor*; *Lestes*; *Pseudacris crucifer*; *Rana pipiens*; *Rana sylvatica*; *Traema*.

*Manuscript received 27 October 2003; revised 11 June 2004; accepted 2 July 2004; final version received 30 July 2004. Corresponding Editor: J. A. Logan .*

El documento completo de este artículo puede conseguirse en la revista y en la dirección electrónica indicada. Lo transcribimos porque resulta ser un buen ejemplo de un trabajo serio sobre los efectos negativos del glifosato. Trabajos como estos pudieron también haber sido utilizados en la revisión de literatura que realizaron los autores.

## 12 Sobre efectos del glifosato y el Cosmo –Flux en los mamíferos.

Los autores plantearon una serie de experimentos bien diseñados y controlados con ratas para toxicidad oral aguda, en dosis única, encontrando anormalidades clínicas (p.87) en algunos casos y en otros no; para toxicidad aguda por inhalación en distintos tiempos (con resultados diferentes); para toxicidad aguda térmica (registro de anormalidades clínicas). Se utilizaron conejos para las pruebas de irritación de la piel (resultados contrastantes) y de los ojos (resultados contrastantes, aunque se acepta que la formulación estudiada es irritante para piel y ojos de conejos).

Lo que llama la atención es que, con base en estas pruebas efectuadas sobre ratas, conejos y cobayos, los autores extrapolen los resultados y afirmen que "...el riesgo para personas por la aplicación del glifosato o por su presencia en el área objeto de aspersión se considera mínimo...". Con los datos obtenidos, lo que ellos sí pueden afirmar lícitamente es que tales efectos se presentaron o no en conejos, ratas y cobayos...pero nada más!. Ni siquiera es lícito extrapolar tal información para el conjunto de los mamíferos (página 100) o las aves silvestres (página 104).

Aún así, los autores aceptan "irritación ligera a moderada de piel y ojos...". ¿Es esto o no un riesgo para la salud humana?.

## 13 A manera de síntesis

- ◆ Varias de las conclusiones a las que llegan los autores no se pueden extraer de los mismos datos presentados por ellos, especialmente porque se trata de suposiciones y no de mediciones reales en campo. Ello es importante especialmente en lo que concierne a la salud humana.
- ◆ Los expertos de la OEA desestimaron varios estudios y no consultaron otros de la abundante bibliografía sobre el tema, que hubieran podido incidir en sus propias conclusiones.
- ◆ Los autores centraron sus esfuerzos en buscar efectos en compartimentos ecosistémicos en donde se supone que son menores y no en los compartimentos ecosistémicos en donde tales efectos son directos y fáciles de estudiar: destrucción de biodiversidad, eliminación de cultivos lícitos y erosión de suelos.
- ◆ Al desechar del estudio los efectos económicos y sociales, no es lícito que los autores utilicen el término "ambiental", porque se ha excluido deliberadamente a la población, que es el actor más importante de la dimensión ambiental. Se sugiere, en consecuencia, que los autores modifiquen el título de su estudio.
- ◆ Colombia es quizás, el único país del mundo en donde existen más de 8.000 personas que se han quejado por diversos efectos de las fumigaciones. Es con ellos y para ellos que se debieran realizar los estudios sobre efectos nocivos en salud, animales domésticos, cultivos lícitos y ecosistemas. Las bases de datos de la Defensoría del Pueblo y de la Dirección Nacional de Estupefacientes, contienen



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES -IDEA-

abundante información que podría utilizarse en este caso. Además, los futuros estudios deberían contar con su participación, no sólo en la definición y caracterización de impactos ambientales, sino en la búsqueda conjunta de soluciones a esta compleja problemática planteada por los cultivos de uso ilícito.

## Bibliografía citada

- Angel, M.A. 1993.** La trama de la vida. Bases ecológicas del pensamiento ambiental. Ed. Dirección General de Capacitación del Ministerio de Educación Nacional - Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 77 p.
- Angel, M.A. 1995.** La fragilidad ambiental de la cultura. Ed. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 127 p.
- Angel, M.A. 1996.** El reto de la vida. Ecosistema y cultura Una introducción al estudio del medio ambiente. Ed. Ecofondo. Bogotá. 109 p.
- Carrizosa, J. 1996.** La evolución del debate sobre el desarrollo sostenible. En: La Gallina de los huevos de oro: debate sobre el concepto de desarrollo sostenible. Libro ECOS No 5. Ed. CEREC - ECOFONDO. pp 44 - 68.
- Carrizosa, J. 2003.** Colombia de lo imaginario a lo complejo. Reflexiones y notas acerca de ambiente, desarrollo y paz. Universidad nacional de Colombia – Instituto de Estudios Ambientales. 203 p.
- EPA, 2002.** Informe de Temas Relacionados con la Erradicación Aérea de Coca Ilícita en Colombia. Respuesta del Administrador Asistente de la EPA Johnson al Secretario de Estado, 19 de agosto de 2002. Publicado por el la Oficina para Asuntos Internacionales de Narcóticos y Ejecución de la Ley (INL) del Departamento de Estado, septiembre de 2002. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos Washington, D.C. 20460 Oficina de Prevención, Pesticidas y Sustancias Tóxicas. <http://bogota.usembassy.gov/wwwfepag.pdf>
- Gentry, A. H. 1993.** El significado de la biodiversidad. En: Cárdenas, S. y H.D. Correa (Eds.) Nuestra Diversidad Biológica. Fundación Alejandro Escobar, Colección María Restrepo de Angel, CEREC. Bogotá.
- Luengas, C. 2005.** Análisis socioambiental de las quejas por daños debido a las fumigaciones aéreas con glifosato en el marco del programa de erradicación de cultivos de uso ilícito
- Miller, T.G. 1994.** Ecología y Medio Ambiente. Ed. Grupo Editorial Iberoamérica. México. D.F. 875 p.
- Morgan, R.P.C. 1986.** Soil erosion and conservation. Ed: Longman Scientific and technical. UK. 298 p.
- Mosquera, L. 1985.** Examen y descripción de los suelos en el campo. Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”. 95 p.
- PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD). 1990.** Nuestra Propia Agenda. Ed: Banco Interamericano de Desarrollo- PNUD. Bogotá. 103 p.
- Richard, Sophi. et al. 2005.** Differential effects of glyphosate and roundup on human placental sells and aromatase. The National Institute of Environmental Health Sciences. National Institutes of health. U.S. Department of Health and Human Services. Environmental Health Perspectives.
- Sachs W. 1996.** La anatomía política del desarrollo sostenible. En: La Gallina de los huevos de oro: debate sobre el concepto de desarrollo sostenible. Libro ECOS No 5. Ed. CEREC- ECOFONDO. pp 15-43.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES -IDEA-

**Sisk, T. D. et al. 1994.** Identifying extinction threats. *BioScience* (44): 592 – 604.

**Tamames, R. 1980.** *Ecología y Desarrollo. La polémica sobre los límites al crecimiento.* Ed: Alianza. Madrid. 207 p.

**Uribe, G., Melo, O., Salcedo, M., Céspedes, J. Santodomingo, T. Gastelbando, Y., Hernández, C. 2001.** Supuestos efectos del glifosato en la salud humana. *Clínica de toxicología Uribe Cualla.* 60 p.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ

INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES -IDEA-

## **UN RESUMEN BREVE DE LA LITERATURA CIENTÍFICA CON RESPETO A LOS EFECTOS NOCIVOS DE FORMULACIONES QUE CONTIENEN GLIFOSATO EN BIOTAS ACUÁTICAS Y SUELOS.**

**Para el Ministerio del Ambiente del Ecuador**

**6 de marzo, 2002**

**Jeremy Bigwood, Asesor Técnico**

### **Antecedentes:**

El Gobierno del Ecuador ha solicitado al gobierno de Colombia implementar una franja de seguridad de 10 kilómetros al lado de la frontera dentro del territorio colombiano para proteger a Ecuador de posibles daños ecológicos que pueden resultar de las fumigaciones (aspersiones químicas) del programa de erradicación que actualmente está siendo conducido por los gobiernos de Colombia y los Estados Unidos en contra de cultivos ilícitos. La solicitud del Gobierno ecuatoriano resulta después de una serie de artículos publicados en la prensa, denuncias individuales y comunidades de ciudadanos de la zona fronteriza (e incluyendo una demanda en una corte federal en los Estados Unidos) que afirman que aviación de la República de Colombia y de los Estados Unidos habían fumigado en territorio ecuatoriano o en lugares muy cercanos. Entre los reportes de daños ocasionados por las fumigaciones en Colombia existen informes sobre la muerte de peces y otra vida acuática, así como daños a cultivos lícitos, bosques vírgenes y fauna, incluso, aunque todavía no probado, daño a la salud humana. Dado el hecho de que muchos ríos pasan desde Colombia a Ecuador, y que haya reportes de fumigaciones encima de cuerpos de agua en Colombia, el Gobierno ecuatoriano ha expresado su debida preocupación sobre los posibles efectos nocivos que podrían generarse en el medio ambiente y la población ecuatorianos.

Miembros del Gobierno ecuatoriano también están alarmados sobre el hecho de que antes de iniciar las fumigaciones, ni el Gobierno de Colombia ni el Gobierno de los Estados Unidos (el cual suministra los equipos y tiene un rol muy activo en estas operaciones) ha hecho investigaciones sobre los efectos ambientales de las varias formulaciones que han estado utilizando sobre los ecosistemas más diversos de Colombia. Tal uso masivo de unas formulaciones de herbicidas no investigadas y la continua substitución de una formulación por otra no estaría permitido en los Estados Unidos ni en la mayoría de los países del mundo. Como resultado de esta utilización masiva de una formulación no estudiada y la falta de investigación, Ecuador podría estar enfrentando un peligro de proporciones no conocidas.

Aunque no ha habido ningún estudio sobre las formulaciones actuales que están utilizando en los ecosistemas y biota compartidos por el sur de Colombia y la región norteña fronteriza de Ecuador, existe una amplia gama de investigaciones en la literatura científica con respecto a la toxicidad de ALGUNOS de los compuestos presentes en las formulaciones que los gobiernos de Colombia y los Estados Unidos nos afirman que están utilizando. Esta literatura puede estar dividida en tres secciones: 1) los efectos sobre biotas acuáticas como ríos; 2) los suelos; e 3) insectos. En este informe nosotros no vamos a considerar los posibles efectos nocivos en los seres humanos,<sup>39, 187, 188</sup> puesto que Ecuador espera que los gobiernos de Colombia y los Estados Unidos se van a

abstener de fumigar dentro del territorio ecuatoriano y zonas aledañas a la frontera.

Se debe recalcar que no han habido investigaciones científicas en Colombia con respecto a las formulaciones que han utilizado en el pasado ni a las formulaciones que emplean actualmente. Además sabemos que hay una intención de cambiar dentro de unos meses la formulación de ahora y utilizar otra que tampoco ha sido investigada. Dada esta situación, sólo podemos analizar los efectos de ALGUNOS de los ingredientes de las formulaciones usadas hoy en día. También, debemos destacar que, con la excepción de unos pocos estudios, como uno de Nigeria,<sup>128</sup> la mayoría de las investigaciones han sido producidas en zonas templadas como las del norte de Europa, Canadá, y Los Estados Unidos. Aún así, estos estudios muestran que algunos de los ingredientes de las formulaciones que están siendo actualmente asperjadas en Colombia pueden causar efectos nocivos significativos en la vida acuática, incluyendo peces, anfibios, en el contenido de los suelos, y en los insectos. Hasta que se hayan realizado investigaciones imparciales por actores neutrales sobre las formulaciones actuales (y las del pasado, así como las que han sido propuestas para el futuro), sólo podemos concluir que las fumigaciones representan una amenaza clara y presente para al medio ambiente ecuatoriano.

#### **Efectos en sistemas acuáticos:**

Mientras la persistencia de glifosato en agua es menor que su persistencia en suelos, éste ha sido extraído de suelos unos 12 hasta 60 días después de su aplicación.<sup>39, 67, 68</sup> Pero formulaciones como "Roundup" que contiene glifosato y -que también contienen un surfactante - son más peligrosos que glifosato en sí en sistemas acuáticos. Los efectos de Roundup (glifosato y surfactante) en biotas acuáticas son tan serios que la misma Monsanto - la compañía que produce Roundup - prohíbe el uso cerca o encima de cuerpos de agua. En Colombia han registrado incidentes de operaciones de piscicultura en lagos y estanques, proyectos que se desarrollan con el apoyo de la GTZ y que fueran completamente destruidos por las fumigaciones con formulaciones de glifosato. La toxicidad de estas formulaciones de glifosato en ríos no esta solamente limitada a peces, sino a anfibios, insectos, invertebrados (incluyendo crustáceos) y sin duda otras especies encontradas en ríos y otros cuerpos de agua.<sup>2, 4, 19, 39, 205, 206, 207</sup> Uno de los problemas más serios de las formulaciones de glifosato utilizadas en Colombia es que algunos de los ingredientes son por sí mismos más tóxicos a la vida acuática que el mismo glifosato. Además, en la combinación que se utiliza en las fumigaciones, la suma de éstos tienen un efecto aditivo de toxicidad.<sup>2</sup> Aquí debemos citar el sumario de Abdelghani *et al.*:<sup>2</sup>

"La toxicidad aguda de tres herbicidas como simples y mezclas (2,4-D, Garlon-3A, y Roundup) y un aditivo químico (el surfactante Syndets) fue evaluada utilizando tres especies de organismos acuáticos de agua dulce ("channel" siluro [bagre], Ojón "bluegill", y jaiba de río [cangrejo]). Entre las tres herbicidas, Roundup fue más tóxico a siluros (bagres) y Ojón "bluegill" que Garlon-3A y 2,4-D. El orden de toxicidad en peces (Roundup Garlon-3A 2,4-D) fue invertido en los bioensayos con jaibas de río (cangrejo), respectivamente. Para el surfactante "Syndets," las CL<sub>50</sub> valores de 1.9 mg/L ("bluegill" Ojón), 2.3mg/L (siluro [bagre]), and 15.2 mg/L (jaiba de río [cangrejo]) fueron notados, indicando que este aditivo químico fue mucho más tóxico que los tres herbicidas..."<sup>2 a</sup>

<sup>a</sup> Incluimos la información sobre el surfactante Syndets porque en el caso de la fumigación en Colombia, han habido muchos cambios en las formulaciones utilizados, incluyendo cambios en los surfactantes.

Distintas especies de peces tienen distintos grados de vulnerabilidad a glifosato (y por supuesto, los otros aditivos),<sup>185</sup> y la cantidad de minerales disueltos en el agua,<sup>206</sup> y la temperatura del agua<sup>205</sup> también juega un rol en la regulación de su toxicidad.

En investigaciones conducidas en Australia, la formulación Roundup han demostrado una seria toxicidad a anfibios. En un estudio comisionado en 1995 por el Western Australian Department of Environmental Protection (DEP) y dirigido por el Dr. Joseph Bidwell del Curtin Exotoxicology Program concluyó que Roundup 360 (otra formulación de Roundup que contiene glifosato y surfactantes) puede ser agudamente tóxico a ranas adultas y renacuajos en las tasas de aplicación recomendadas (1.8 to 5.4kg/ha). Roundup 360 fue más tóxico a ranas y renacuajos que el grado técnico de glifosato solo. Fue asumido que el surfactante de Roundup, y no glifosato en sí, hubo causado el incremento en toxicidad.<sup>4,19</sup> Hay que notar que es precisamente el mismo surfactante (POEA) que se encuentra en el Roundup utilizado en Colombia.

La toxicidad de formulaciones de glifosato a biotas acuáticas está muy bien establecida, y éste es el tema más importante para Ecuador pues muchos ríos de origen colombiano fluyen al sur, entrando en territorio ecuatoriano. En la ausencia de investigación científica sobre, entre otras cosas, las concentraciones y los efectos de las formulaciones de glifosato en tanta variedad de ecosistemas, la República del Ecuador debe continuar su cauteloso y moderado enfoque y seguir solicitando una franja de seguridad de 10 kilómetros dentro de la República de Colombia.

### **Efectos en los suelos:**

Los suelos están formados por miles de microbios y organismos invertebrados con formas de vida animal más complejas. Raíces de plantas y árboles, semillas y varios hongos son una gran parte de estos microhábitats.

"Los microorganismos de los suelos juegan un papel extensivo en la descomposición de materia orgánica y la producción de humus, el reciclaje de nutrientes y energía y la fijación elemental, metabolismo de los suelos y la producción de compuestos que causan la formación de agregados. Muchos microorganismos están en relaciones simbióticas con plantas y animales, sirviéndoles como fijadores de nitrógeno en el primer caso y microbios del los intestinos en el segundo. Ellos funcionan como una parte substancial de la red alimenticia.

Entre los microorganismos que se encuentra en el suelo son bacterias, actinomicetes, hongos, micro-algas, protozoos, nemátodos, y otros invertebrados (más que todo artrópodos)."<sup>51</sup>

Los efectos de los surfactantes y otros aditivos utilizados en las formulaciones de aspersión aparentemente no han sido investigados en suelos, ni tampoco los efectos de

---

Actualmente, se afirma que se están utilizando uno o dos surfactantes adicionales agregados al Roundup (que ya contiene un surfactante). Uno de estos se llama Cosmoflux IND. Desconocemos exactamente cuál es la naturaleza química de Cosmoflux, pero esperamos que no sea el mismo ingrediente que se encuentra en Syndets.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES -IDEA-

las formulaciones bien conocidas como "Roundup". Pero el glifosato como químico aparte sí ha sido investigado. El glifosato ha sido fabricado para ser aplicado directamente a las hojas de las plantas, pero "aunque el glifosato no está directamente aplicado a los suelos, una concentración significativa del compuesto puede llegar al suelo durante una aplicación."<sup>74</sup> Los estudios de efectos de glifosato en suelos pueden ser divididos en cuatro categorías: 1) nemátodos (lombrices de todo tamaño); 2) el aumento de hongos patógenos; 3) la interferencia con las relaciones micorrizales entre los hongos, nutrientes y plantas; y, 4) los efectos en los microbios.

El glifosato tiene efectos negativos en nemátodos y otras lombrices e invertebrados.<sup>48, 156</sup> Una investigación en Nueva Zelanda mostró que el glifosato tenía efectos significativos en el crecimiento y sobrevivencia de lombrices comunes del suelo.<sup>39, 200</sup>

El glifosato aumenta el crecimiento de hongos patógenos según muchas investigaciones publicadas en la literatura científica. Como resultado, éstos hongos predominan en una área para liberar sus propias toxinas (micotoxinas), que son tóxicas para muchas de las otras formas de vida cercanas, incluso mamíferos. O sea, en este caso, estamos hablando de un efecto secundario de toxicidad. Uno de los géneros que tiende a aumentarse en presencia de glifosato es el género *Fusarium*,<sup>47, 82, 101, 102, 103, 144, 157, 183, 186</sup> el cual hasta septiembre 2002, iba a ser utilizado por el gobierno de los Estados Unidos como un bioherbicida (micoherbicida) en Colombia con el fin de erradicar la coca, pero esta propuesta fue rechazada por el Comité Andino de Autoridades Ambientales (CAAAM) y el presidente Clinton. Especies del género *Fusarium* han sido responsables en todo el mundo por daños serios a muchos cultivos, suelos envenenados, defectos de nacimientos en seres humanos, y en un caso documentado, la muerte de miles de personas causadas por sus micotoxinas cuando éstas comieron cereales contaminados durante los últimos años de la Segunda Guerra Mundial.<sup>199</sup>

La interferencia de glifosato en las relaciones micorrizales entre hongos, nutrientes y plantas fue publicado recientemente en 1998. La relación micorrizal es una asociación simbiótica entre el micelio (el cuerpo celular) de un hongo, especialmente un basidiomicete (champiñón) con las raíces de algunas plantas y árboles donde el micelio del hongo forma una estrecha cobertura tejida envolviendo las raicillas o hasta penetrando las células de las raíces. Esta relación provee un intercambio de nutrientes y agua que beneficia tanto a la planta como al hongo. En una investigación hecha por un equipo canadiense dirigido por el científico M.T. Wan,<sup>183</sup> el efecto nocivo de glifosato fue casi tan tóxico en el hongo simbiótico *Glomus intraradices* en raíces de zanahoria como el reconocido pero ya prohibido fungicida tóxico benomyl (lo cual fue el tema de una demanda exitosa de una compañía Ecuatoriana en contra de la multinacional Dupont). Dado que muchas plantas no pueden crecer sin esta relación micorrizal, este es un efecto posible de las fumigaciones con glifosato que debemos considerar.

El glifosato también tiene efectos sobre los microbios de los suelos. Wan et al., trabajando en Texas A & M University reportaron que "la evolución de CO<sub>2</sub> incrementó cuando se incrementaba la tasa de glifosato... El glifosato estimuló de una manera significativa la actividad microbiana medida por la mineralización de Carbono y Nitrógeno."<sup>74, 165</sup> También se ha mostrado que el glifosato puede reducir la habilidad de ciertas bacterias para fijar nitrógeno.<sup>39, 201</sup>

Para resumir, existe bastante documentación sobre los claros efectos de glifosato

en la biota y ecología de los suelos que viene de estudios ya conocidos en otras partes del mundo, y es probable que más efectos nocivos van a ser presentados mientras que el tema siga siendo estudiado.

### **Efectos sobre insectos benéficos:**

Una de las quejas que se presentaron con respecto al programa de fumigación con Roundup (más surfactantes), 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. "Aunque el programa de fumigación tuvo un efecto mínimo en los cultivos de amapola, según los campesinos locales, se destruyó la base tradicional de la producción en la región, en particular tomates y abejas." <sup>202, 203</sup> Como resultado de las presiones de ambientalistas y otros, el programa de fumigación fue suspendido y ahora el cultivo de amapola en Guatemala está controlado gracias a la erradicación manual. Investigaciones realizadas por la International Organization for Biological Control coinciden con los efectos reportados en Guatemala sobre las abejas; también muestran que existen efectos sobre otros insectos benéficos.

Según estos estudios, se demostró que la exposición de los insectos a una formulación comercial de Roundup (glifosato más surfactantes), provocó tasas de mortalidad mayores al 50% en insectos benéficos, incluyendo avispas parasitoides, crisopos, y mariquitas. El nivel de mortalidad fue aún más alto para un tipo de escarabajo depredador. <sup>204</sup>

### **Monitoreo y análisis químico:**

Mientras que existen varias metodologías para la recolección y análisis de ALGUNOS de los componentes de las formulaciones que están siendo asperjadas en Colombia, en agua dulce o suelos, sin embargo todas requieren equipos científicos relativamente avanzados en combinación con personal bien entrenado. Además, esto requeriría un sistema con estaciones de monitoreo a lo largo de la zona fronteriza, especialmente en los ríos que tienen sus orígenes en Colombia. <sup>1, 2, 3, 7, 8, 16,22, 23, 25, 27, 28, 30, 31, 37, 54, 59, 63, 67, 69, 70, 73, 79, 85, 86, 92, 107, 108, 109, 111, 124, 125, 126, 127, 132, 135, 136, 138, 139, 165, 166, 167, 171, 174, 178, 180, 181, 184, 185, 187</sup> Para desarrollar un sistema de esta naturaleza se necesitaría contar con bastantes fondos, y bajo las condiciones actuales esta parece ser una propuesta poco viable. Pero, en el caso ideal que se logre conseguir el apoyo financiero para un monitoreo, aparte de todo lo que implica hacer los análisis de aguas y suelos, sería preciso que los siguientes "organismos indicadores" sean monitoreados:

#### **Organismos indicadores**

- Plantas acuáticas, tales como algas verdes
- Invertebrados acuáticos, tales como chinches de agua
- Peces, tales como Tilapia o siluro
- Anfibios, tales como ranas
- Bacterias de suelos, fijadoras de nitrógeno
- Invertebrados del suelo, tales como las lombrices
- Plantas terrestres
- Aves
- Mamíferos

## Resumen:

Basándose en los estudios antes referenciados, es muy probable que por lo menos algunos de los ingredientes de las formulaciones utilizadas en Colombia causen efectos nocivos en las biotas acuáticas, incluyendo peces, anfibios e insectos, así como en el contenido y función de los suelos. Dado que la ciencia todavía no ha podido catalogar la mayoría de las especies ni aún en un pequeño porcentaje de los ecosistemas colombianos o ecuatorianos, la fumigación fácilmente puede eliminar toda una nueva especie sin darnos cuenta siquiera de que han existido. Este hecho claramente puede amenazar la futura explotación del Ecuador de su propio patrimonio, en biota y biodiversidad. Hasta que haya pruebas contundentes basadas en investigaciones científicas imparciales por actores neutrales que demuestren sin duda alguna que las aspersiones aéreas masivas usadas actualmente son inocuas para nuestros ecosistemas compartidos - una proposición no tan probable, -de acuerdo a las investigaciones consultadas- sólo podemos concluir que existe una verdadera posibilidad de efectos nocivos de las fumigaciones en el medio ambiente ecuatoriano. Expuesta ésta situación, Ecuador debe protegerse con una franja de seguridad de al menos diez kilómetros para garantizar a sus ciudadanos que los posibles efectos nocivos generados como resultado de los herbicidas químicos asperjados masivamente vía aérea se disipan dentro territorio Colombiano.

## Referencias:

- 1) Abdel-Hamid, M.I. Development and application of a simple procedure for toxicity testing using immobilized algae. Hazard assessment and control of environmental contaminants in water: selected proceedings of the 2nd IAWQC International Specialized Conference on Hazard Assessment and Control of Environmental Contaminants in Water held in Lyngby, Denmark, 29-30 June 1995 /1996 Water science and technology 0273-1223; v. 33, no. 6 p. 129-138.
- 2) Abdelghani, A.A. Toxicity evaluation of single and chemical mixtures of Roundup, Garlon-3A, 2,4-D, and Syndets surfactant to channel catfish (*Ictalurus punctatus*), bluegill sunfish (*Lepomis microchirus*), and crawfish (*Procambarus* spp.). Environmental toxicology and water quality. 1997. v. 12 (3) p. 237-243.
- 3) Abdullah, M.P. Improved method for the determination of glyphosate in water. Journal of Chromatography. A. Apr 21, 1995. v. 697 (1/2) p. 363-369.
- 4) Acute toxicity of a herbicide to selected frog species: final report / prepared by Joseph R. Bidwell and John R. Gorrie. Perth [W.A.] : Western Australian Dept. of Environmental Protection, 1995, p. 9
- 5) Adkins, S.W. The influence of soil moisture content on glyphosate efficacy for the control of annual grasses in fallow land. Weed Research. April 1998. v. 38 (2) p. 119-127.
- 6) Adkins, S.W. Influence of environmental factors on glyphosate efficacy when applied to *Avena fatua* or *Urochloa panicoides*. Weed Research. Apr 1998. v. 38 (2) p. 129-138.
- 7) Alferness, P.L. Determination of glyphosate and (aminomethyl)phosphonic acid in soil, plant and animal matrices, and water by capillary gas chromatography with mass-selective detection. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Dec 1994. v. 42 (12) p. 2751-2759.
- 8) Anton, F.A. Degradational behavior of the pesticides glyphosate and diflufenzuron in water. Bulletin of environmental contamination and toxicology. Dec 1993. v. 51 (6) p. 881-888.

- 9) Arnaud, L. Physiological behavior of two tobacco lines expressing EPSP synthase resistant to glyphosate. Pesticide biochemistry and physiology Oct 1998. v. 62 (1)p. 27-39.
- 10) Arnaud, L. Penetration and effects of glyphosate in isolated potato mitochondria. Phytochemistry. Jan 1993. v. 32 (1) p. 9-14.
- 11) Atkinson, P.R. Associations between host-plant nitrogen and infestations of the sugarcane borer, *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). Sept 1989. v. 79 (3) Bulletin of entomological research. p. 489-506.
- 12) Aust, W.M. Removal of floodwater sediments by a clearcut tupelo-cypress wetland. Jan/Feb 1991. v. 27 (1) Water resources bulletin. p. 111-116.
- 13) Aust, W.M. Soil temperature and organic matter in a disturbed forested wetland. Nov/Dec 1991. v. 55 (6) Soil Science Society of America journal. p. 1741-1746.
- 14) Bailey, B.A. Factors influencing the herbicidal activity of Nep1, a fungal protein that induces the hypersensitive response in *Centaurea maculosa*. Weed Science Nov/Dec 2000. v. 48 (6)p. 776-785.
- 15) Barron, P.P. Second-year weed control for direct seeding of *Eucalyptus porosa* in a low rainfall environment. Australian forestry. June 1998. v. 61 (2)p. 155-158.
- 16) Bauer, K.H. Analysis of polar organic micropollutants in water with ion chromatography-electrospray mass spectrometry. Journal of chromatography. A. Apr 2, 1999. v. 837 (1/2)p. 117-128.
- 17) Bell, G.P. Ecology and management of *Arundo donax*, and approaches to riparian habitat restoration in southern California. Plant invasions : studies from North America and Europe / p. 103-113.
- 18) Bergvinson, -D.J.; Borden, -J.H. Enhanced colonization by the blue stain fungus *Ophiostoma clavigerum* in glyphosate-treated sapwood of lodgepole pine. Can-J-For-Res-J-Can-Rech-For. Ottawa, Ont. : National Research Council of Canada. Feb 1992. v. 22 (2) p. 206-209.
- 19) Bidwell, -Joseph-R.; Gorrie, -John-R. Western Australia. Dept. of Environmental Protection. Acute toxicity of a herbicide to selected frog species : final report. Technical series no. 79. Perth [W.A.] : Western Australian Dept. of Environmental Protection, 1995. 9 p.
- 20) Blackshaw, R.E. Species, herbicide and tillage effects on surface crop residue cover during fallow. Canadian Journal of Soil Science. Nov 1995. v. 75 (4)p. 559-565.
- 21) Blum, U. Effects of clover and small grain cover crops and tillage techniques on seedling emergence of some dicotyledonous weed species. American journal of alternative agriculture. 1997. v. 12 (4)p. 146-161.
- 22) Borjesson, -E.; Torstensson, -L. New methods for determination of glyphosate and (aminomethyl) phosphonic acid in water and soil. J-Chromatogr-A. Amsterdam ; New York : Elsevier, 1993-. July 21, 2000. v. 886 (1/2) p. 207-216.
- 23) Bowmer, K.H. Glyphosate--sediment interactions and phytotoxicity in turbid water. Pesticide science. Apr 1986. v. 17 (2) p. 79-88.
- 24) Brandt, S.A. Management practices for black lentil green manure for the semi-arid Canadian prairies. Canadian journal of plant science. Jan 1999. v. 79 (1)p. 11-17.
- 25) Buhler, -D.D.; Burnside, -O.C. Effect of water quality, carrier volume, and acid on glyphosate phytotoxicity Post-emergence herbicides. Weed-Sci. Champaign : Weed Science Society of America. Mar 1983. v. 31 (2) p. 163-169. ill.
- 26) Bullied, W.J. Soil water dynamics after alfalfa as influenced by crop termination technique. Agronomy Journal. Mar/Apr 1999. v. 91 (2) p. 294-305.
- 27) Burns, V. F. A. D. Kelley Responses and residues in certain crops irrigated with water containing glyphosate Pullman : College of Agriculture Research Center, Washington State University, 1975.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES -IDEA-

Washington State University. College of Agriculture Research Center. Bulletin ; 812

28) Burns,-V-F Responses and residues in certain crops irrigated with water containing glyphosate / V. f. burns, A. D. Kelley. -- Washington State University. College of Agriculture Research Center. bulletin; 812 Pullman : College of Agriculture Research Center, Washington State University, 1975. 5, [1] p.

29) Busse,-M.D.; Ratcliff,-A.W. Non-target effects of glyphosate on soil microbes. Proc-Annu-Calif-Weed-Sci-Soc. Fremont, CA: The Society, 1994-. 2000. (52nd) p. 146-150.

30) Carlisle, S.M. Effect of the herbicide glyphosate on respiration and hydrogen consumption in soil. Water, air, and soil pollution. Feb 1986. v. 27 (3/4) p. 391-401.

31) Carlisle, S.M. Effect of the herbicide glyphosate on nitrification, denitrification, and acetylene reduction in soil. Water, air, and soil pollution. June 1986. v. 29 (2) p. 189-203.

32) Carlson, K.L. Comparative phototoxicity of glyphosate, SC-0224, SC-0545, and HOE-00661. Weed science. Nov 1984. v. 32 (6) p. 841-844.

33) Carson, D.B. Biodegradation of N-phosphonomethyliminodiacetic acid by microorganisms from industrial activated sludge. Canadian Journal of Microbiology. Jan 1997. v. 43 (1) p. 97-101.

34) Chakravarty, P.; Chatarpaul,-L. Non-target effect of herbicides. I. Effect of glyphosate and hexazinone on soil microbial activity. Microbial population, and in-vitro growth of ectomycorrhizal fungi. Pestic-Sci. Essex : Elsevier Applied Science Publishers. 1990. v. 28 (3) p. 233-241.

35) Clegg, B.S. Development of an enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of glyphosate. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Dec 1999. v. 47 (12)p. 5031-5037.

36) Cogliastro, A. Effet des sites et des traitements sylvicoles sur la croissance, l'allocation en biomasse et l'utilisation de l'azote de semis de quatre especes feuillues en plantations dans le sud-ouest du Quebec. Canadian journal of forest research = Revue Canadienne de Recherche Forestiere. Feb 1993. v. 23 (2) p. 199-209.

37) Comes,-R-D; Bruns,-V-F; Kelley,-A-D Residues and persistence of glyphosate [N-(phosphonomethyl)glycine] in irrigation water [Herbicides] Weed-Sci, Jan 1976, 24 (1): 47-50.

38) Coret,-J.M.; Chamel,-A.R. Influence of some nonionic surfactants on water sorption by isolated tomato fruit cuticles in relation to cuticular penetration of glyphosate. Pesticide Science. Essex: Elsevier Applied Science Publishers. 1993. v. 38 (1) p. 27-32.

39) Cox, C. Glyphosate. 2. Human Exposure and ecological effects. Journal of pesticide reform: a publication of the Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides. Winter 1995. v. 15 (4) p. 14-20.

40) Cuomo, G.J. Management of warm-season annual grass residue on annual ryegrass establishment and production. Agronomy Journal. July/Aug 1999. v. 91 (4) p. 666-671.

41) D'Anieri, P. Effect of water stress and phenology on glyphosate efficacy in forest trees. Proceedings - Southern Weed Science Society. 1987. (40) p. 208-215.

42) D'Anieri, P. Glyphosate translocation and efficacy relationships in red maple, sweetgum, and loblolly pine seedlings. June 1990. v. 36 (2) Forest Science. p. 438-447.

43) Dall'Armellina, A.A. Effect of watering frequency, drought, and glyphosate on growth of field bindweed (Convolvulus arvensis). Weed science. May 1989. v. 37 (3) p. 314-318.

44) Daniels, M.B. Water use efficiency of double-cropped wheat and soybean. May/June 1991. v. 83 (3) Agronomy Journal. p. 564-570.

45) Darkwa, E.O. Weed management on Vertisols for small-scale farmers in Ghana. International Journal of Pest Management. Oct/Dec 2001. v. 47 (4) p. 299-303.

- 46) Derr, J.F. Biological assessment of herbicide use in apple production. I. Background and current use estimates. Hort Technology. Jan/Mar 2001. v. 11 (1)p. 11-19.
- 47) Descalzo,-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.
- 48) Dewar,-A.M.; Haylock,-L.A.; May,-M.J.; Beane,-J.; Perry,-R.N. 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. June 2000. v. 136 (3) p. 179-187.
- 49) Dick, R.E. Glyphosate-degrading isolates from environmental samples: occurrence and pathways of degradation. Applied microbiology and biotechnology. July 1995. v. 43 (3) p. 545-550.
- 50) Dickson, R.L. Effect of water stress, nitrogen, and gibberellic acid on fluazifop and glyphosate activity on oats (*Avena sativa*). Jan 1990. v. 38 (1) Weed science. p. 54-61.
- 51) Dindal (ed.) Soil Biology Guide. 1990 John Wiley & Sons and Soil Microbial Ecology, F. Blaine Metting Jr. (ed.) 1993
- 52) Dissanayake,-N.; Hoy,-J.W.; Griffin,-J.L. Herbicide effects on sugarcane growth, *Pythium* root rot, and *Pythium arrhenomanes*. Phytopathology. St. Paul, Minn. : American Phytopathological Society, 1911-. June 1998. v. 88 (6) p. 530-535.
- 53) Donaldson, R.A. The effects of post-treatment moisture stress and varying amounts of applied nitrogen on the ripening responses of sugarcane to glyphosate and ethrel. 1986. (60th) Proceedings of the annual congress - South African Sugar Technologists' Association. p. 223-227.
- 54) Drinking water criteria document for glyphosate. Washington, D.C. : Health and Ecological Criteria Division, Office of Science and Technology, Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, [1992]
- 55) Eason, J.R. Reversal of glyphosate inhibition of *Sandersonia aurantiaca* flower senescence with aromatic amino acids. Postharvest Biology and Technology. Jan 2000. v.18(1)p. 81-84.
- 56) Eberlein, C.V. Corn growth and yield in an alfalfa living mulch system. July/Sept 1992. v. 5 (3) Journal of Production Agriculture. p. 332-339.
- 57) Elmore, R.W. Glyphosate-resistant soybean cultivar response to glyphosate. Agronomy Journal. Mar/Apr 2001. v. 93 (2)p. 404-407.
- 58) Estok,-D.; Freedman,-B.; Boyle,-D. Effects of the herbicides 2,4-D, glyphosate, hexazinone, and triclopyr on the growth of three species of ectomycorrhizal fungi. Bull-Environ-Contam-Toxicol. New York, N.Y. : Springer-Verlag. June 1989. v. 42 (6) p. 835-839.
- 59) Feller, M.C. Effects of forest herbicide applications on streamwater chemistry in southwestern British Columbia. June 1989. b v. 25 (3) Water resources bulletin. p. 607-616. maps.
- 60) Feng, P.C.C. Resistance to glyphosate in *Lolium rigidum*. II. Uptake, translocation, and metabolism. Weed Science July/Aug 1999. v. 47 (4)p. 412-415.
- 61) Feng, P.C.C. Analysis of surfactant leaf damage using microscopy and its relation to glyphosate or deuterium oxide uptake in velvetleaf (*Abitilon theophrasti*). Pesticide Science Mar 1999. v. 55 (3)p. 385-386.
- 62) Forlani,-G.; Mangiagalli,-A.; Nielsen,-E.; Suardi,-C.M. Degradation of the phosphonate herbicide glyphosate in soil: evidence for a possible involvement of unculturable microorganisms. Soil-Biol-Biochem. Oxford : Elsevier Science Ltd. July 1999. v. 31 (7) p. 991-997.
- 63) Friestad, H.O. Improved polarographic method for determination of glyphosate herbicide in crops, soil, and water. Journal of the Association of Official Analytical Chemists. Jan/Feb 1985. v. 68 (1) p. 76-79. ill.

- 64) Gallagher, J.E. Irrigation pond weed control. Oct 1991. v. 26 (10) Grounds maintenance. p. 26, 28, 30, 50.
- 65) Gardner, S.C. Effects of Rodeo and Garlon 3A on nontarget wetland species in central Washington. Environmental toxicology and chemistry /Apr 1996. v. 15 (4) p. 441-451.
- 66) Gianfreda, L. Activity of free and immobilized urease in soil: effects of pesticides. Soil Biology & Biochemistry. June 1994. v. 26 (6) p. 777-784.
- 67) Goldsborough, L.G. Dissipation of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in water and sediments of boreal forest ponds. Environmental Toxicology and Chemistry /July 1993. v. 12 (7) p. 1139-1147.
- 68) Goldsborough, L.G.; Beck, A.E. Rapid dissipation of glyphosate in small forest ponds. Arch-Environ-Contam-Toxicol. New York, N.Y. : Springer-Verlag. July/Aug 1989. v. 18 (4) p. 537-544.
- 69) Green, J.M. Effect of nonylphenol ethoxylation on the biological activity of three herbicides with different water solubilities. Weed technology : a journal of the Weed Science Society of America. Oct/Dec 1999. v. 13 (4) p. 840-842.
- 70) Grunewald, K. Behavior of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in soils and water of reservoir Radeburg II catchment (Saxony/Germany). Journal of Plant Nutrition and Soil Science = Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. Feb 2001. v. 164 (1) p. 65-70.
- 71) Haag, K.H. Effects of herbicide application on mortality and dispersive behavior of the water hyacinth weevils, *Neochetina eichhorniae* and *Neochetina bruchi* (Coleoptera: Curculionidae). Environmental entomology. Dec 1986. v. 15 (6) p. 1192-1198.
- 72) Hall, G.J. Plants as sources of cations antagonistic to glyphosate activity. Pest management Science. Apr 2000. v. 56 (4) p. 351-358.
- 73) Hallas, L.E. Glyphosate degradation by immobilized bacteria: field studies with industrial wastewater effluent. Apr 1992. v. 58 (5) Applied and environmental microbiology. p. 1215-1219.
- 74) Haney, R.L.; Senseman, S.A.; Hons, F.M.; Zuberer, D.A. Effect of glyphosate on soil microbial activity. Proc-S-Weed-Sci-Soc. Raleigh, N.C., etc. Southern Weed Science Society. 1999. v. 52 p. 215.
- 75) Harvey, B.M.R. Pre-harvest retting of flax: effects of water stress on uptake and efficacy of glyphosate. Annals of Applied Biology. Aug 1988. v. 113 (1) p. 61-68.
- 76) Houghton, A.J. The effect of the herbicide glyphosate on non-target spiders. I. Direct effects on *Lepthyphantes tenuis* under laboratory conditions. Pest management science. Nov 2001. v. 57 (11) p. 1033-1036.
- 77) Hawkins, C. Artificial regeneration of spruce on cold, wet soil: 10 years along. Water, air, and soil pollution May 1995. v. 82 (1/2) p. 115-124.
- 78) Hetherington, E.D. Carnation Creek floodplain hydrology: September 1985 - September 1985. Mar 1989. (063) FRDA report. p. 27-44. ill.
- 79) Holmstrom, D. Residue management for potato rotation in Prince Edward Island. Journal of Soil and Water Conservation. First Quarter 1999. v. 54 (1) p. 445-448.
- 80) Hunter, J.H. Effect of nitrogen on the glyphosate-induced inhibition of rhizome bud growth in quackgrass (*Elytrigia repens*). Weed Science July/Sept 1993. v. 41 (3) p. 426-433.
- 81) Jean Legris ... [et al.] Concentrations résiduelles de glyphosate dans l'eau de surface en milieu forestier, suite  $\alpha$  des pulvérisations terrestres, 1985. Québec: Gouvernement du Québec, Ministère de l'Énergie et des ressources, Direction de la Conservation, Service des Études environnementales, [1987]
- 82) Johal, G.S.; Rahe, J.E. Effect of soilborne plant-pathogenic fungi on the herbicidal action of glyphosate on

bean seedlings. *Phytopathology*. St. Paul, Minn.: American Phytopathological Society. Aug 1984. v. 74 (8) p. 950-955. ill.

- 83) Jordan, T.N. Enhanced postemergence herbicide efficacy with ultra-low volume. *Proceedings, Southern Weed Science Society*. Southern Weed Science Society (U.S.) 1995. v. 48 p. 208-212.
- 84) Karakatsoulis, J. Comparison of the effects of chemical (glyphosate) and manual conifer release on conifer seedlings physiology and growth on Vedder Mountain, British Columbia. Mar 1989. (063) FRDA report. p. 168-188. maps.
- 85) Kataoka, H.; Ryu, S.; Sakiyama, N.; Makita, M. Simple and rapid determination of the herbicides glyphosate and glufosinate in river water, soil and carrot samples by gas chromatography with flame photometric detection. *J-Chromatogr-A*. Amsterdam; New York: Elsevier, 1993-. Mar 1, 1996. v. 726 (1/2) p. 253-258.
- 86) Kataoka, H. Simple and rapid determination of the herbicides glyphosate and glufosinate in river water, soil and carrot samples by gas chromatography with flame photometric detection. *Journal of chromatography*. A. Mar 1, 1996. v. 726 (1/2) p. 253-258.
- 87) Kawate, M.K.; Colwell, S.G.; Ogg, A.G.-Jr.; Kraft, J.M. Effect of glyphosate-treated henbit (*Lamium amplexicaule*) and downy brome (*Bromus tectorum*) on *Fusarium solani* f.sp. *pisi* and *Pythium ultimum*. *Weed-sci*. Lawrence, KS : Weed Science Society of America. Sept/Oct 1997. v. 45 (5) p. 739-743.
- 88) Kawate, M.K.; Kawate, S.C.; Ogg, A.G.-Jr.; Kraft, J.M. Response of *Fusarium solani* f. sp. *pisi* and *Pythium ultimum* to glyphosate. *Weed-Sci*. Champaign, Ill.: Weed Science Society of America. July/Sept 1992. v. 40 (3) p. 497-502.
- 89) King, S.P. Herbicide tolerance in relation to growth and stress in conifers. *Weed Science*. July 1985. v. 33 (4) p. 472-478.
- 90) Klevorn, T.B. Effect of leaf girdling and rhizome girdling on glyphosate transport in quackgrass (*Agropyron repens*). *Weed Science*. Nov 1984. v. 32 (6) p. 744-750. ill.
- 91) Kneer, R. Characterization of the elicitor-induced biosynthesis and secretion of genistein from roots of *Lupinus luteus* L. *Journal of Experimental Botany*. Oct 1999. v. 50 (339) p. 1553-1559.
- 92) Knyr, L.L. Transl: Determination of glyphosate in the water and soil by the methods of photometry and thin layer chromatography. *Agrokhemiiia*. June 1984. (6) p. 109-112. ill.
- 93) Kreuzweiser, D.P. Drift response of stream invertebrates to aerial applications of glyphosate. Mar 1989. v. 42 (3) *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. p. 331-338. maps.
- 94) Krzysko-Lupicka, T.; Strof, W.; Kubs, K.; Skorupa, M.; Wieczorek, P.; Lejczak, B.; Kafarski, P. The ability of soil-borne fungi to degrade organophosphonate carbon-to-phosphorus bonds. *Appl-microbiol-biotechnol*. Berlin, Germany : Springer Verlag. Oct 1997. v. 48 (4) p. 549-552.
- 95) Krzysko-Lupicka, T.; Orlik, A. The use of glyphosate as the sole source of phosphorus or carbon for the selection of soil-borne fungal strains capable to degrade this herbicide. *Chemosphere*. Kidlington, Oxford, U.K. : Elsevier Science Ltd. June 1997. v. 34 (12) p. 2601-2605.
- 96) Laroche, F.B. Managing melaleuca (*Melaleuca quinquenervia*) in the Everglades. *Weed technology : a journal of the Weed Science Society of America*. Oct/Dec 1998. v. 12 (4) p. 726-732.
- 97) Lautenschlager, R.A. Electrical conductivity of five concentrations of two glyphosate-containing herbicides. May 1991. v. 15 (2) *Southern journal of applied forestry*. p. 85-88.
- 98) Legris, Jean. Bilan des contr[ol]es environnementaux, suite α des pulvérisations de glyphosate en milieu forestier sur les terres publiques québécoises. [Québec] : Gouvernement du Québec, Ministère de l'Énergie et des ressources, Direction de la conservation, [1989]
- 99) Léveillé, Pierre et Jean Legris, Gisèle Couture. Bilan des vérifications ponctuelles en milieu lotique et la suite de pulvérisations de glyphosphate en milieu forestier [Québec] : Service du suivi environnemental,

Ministère des forêts, [1993]

- 100) Levesque, C.A. Fungal colonization of glyphosate-treated seedlings using a new root plating technique. *Mycological research*. Mar 1993. v. 97 (pt.3) p. 299-306.
- 101) 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.
- 102) 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.
- 103) 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.
- 104) Liu, L. Altered root exudation and suppression of induced lignification as mechanisms of predisposition by glyphosate of bean roots (*Phaseolus vulgaris* L.) to colonization by *Pythium* spp. *Physiological and molecular plant pathology*. Aug 1997. v. 51 (2)p. 110-127.
- 105) Mietkiewski,-R.T.; Pell,-J.K.; Clark,-S.J. Influence of pesticide use on the natural occurrence of entomopathogenic fungi in arable soils in the UK: field and laboratory comparisons. *Biocontrol-sci-technol. Abingdon, Oxfordshire* : Carfax Publishing Co., Dec 1997. v. 7 (4) p. 565-575.
- 106) Mitchell, D.G. Seawater challenge testing of coho salmon smolts following exposure to Roundup herbicide. *Environmental toxicology and chemistry*. 1987. v. 6 (11) p. 875-878.
- 107) Mogadati, P.S. Determination of glyphosate and its metabolite, (aminomethyl) phosphonic acid, in river water. *Journal of AOAC International*. Jan/Feb 1996. v. 79 (1) p. 157-162.
- 108) Mogadati,-P.S.; Louis,-J.B.; Rosen,-J.D. Determination of glyphosate and its metabolite, (aminomethyl) phosphonic acid, in river water. *J-AOAC-Int. Gaithersburg, MD* : AOAC International. Jan/Feb 1996. v. 79 (1) p. 157-162.
- 109) Monnig, Edward [et al.] Treatability studies of pesticide manufacturing wastewaters : glyphosate. Research Triangle Park, N.C. : Industrial Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency ; Springfield, Va. : National Technical Information Service, 1980.
- 110) Msiska, H.D.C. Effects of seed treatment and environmental stress on germination of 'Sabine' Illinois bundleflower. 1989. v. 3 ( *Texas journal of agriculture and natural resources* : a publication of the Agricultural Consortium of Texas. p. 2-5.
- 111) Munoz-Rueda, A. Effects of glyphosate N-(phosphonomethyl)-glycine on water potential, and activities of nitrate and nitrite reductase and aspartate aminotransferase in lucerne and clover. *Journal of plant physiology*. 1986. v. 123 (2) p. 107-115.
- 112) Nalewaja, J.D. 2,4-D and salt combinations affect glyphosate phytotoxicity. *Apr/June 1992. v. 6 (2) Weed Technology: a journal of the Weed Science Society of America. p. 322-327.*
- 113) Nalewaja, J.D. Optimizing adjuvants to overcome glyphosate antagonistic salts. *Weed Technology : a journal of the Weed Science Society of America. Apr/June 1993. v. 7 (2) p. 337-342.*
- 114) Nalewaja, J.D. Spray carrier salts affect herbicide toxicity to kochia (*Kochia scoparia*). *Weed Technology : a journal of the Weed Science Society of America. Jan/Mar 1993. v. 7 (1) p. 154-158.*
- 115) Nalewaja,-J.D.; Matysiak,-R.; Freeman,-T.P. Spray droplet residual of glyphosate in various carriers. *Weed-Sci. Champaign, Ill. : Weed Science Society of America. Oct/Dec 1992. v. 40 (4) p. 576-589.*

- 116) Nalewaja, J.D. Influence of diammonium sulfate and other salts on glyphosate phytotoxicity. Pesticide science 1993. v. 38 (2/3) p. 77-84.
- 117) Nalewaja, J.D. Spray droplet residual of glyphosate in various carriers. Oct/Dec 1992. v. 40 (4) Weed Science. p. 576-589.
- 118) Nalewaja, J.D.; Matysiak, R. Optimizing adjuvants to overcome glyphosate antagonistic salts. Weed-technol. Champaign, Ill. : The Weed Science Society of America. Apr/June 1993. v. 7 (2) p. 337-342.
- 119) Newton, M. Dissipation of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in North American forests. Journal of agricultural and food chemistry. Aug 1994. v. 42 (8) p. 1795-1802.
- 120) Nilsson, U. Water uptake by planted *Picea abies* in relation to competing field vegetation and seedling rooting depth on two grass-dominated sites in southern Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research. 1999. v. 14 (4) p. 312-319.
- 121) O'Sullivan, P.A. Influence of non-ionic surfactants, ammonium sulphate, water quality and spray volume on the phytotoxicity of glyphosate. Apr 1981. v. 61 (2) Canadian journal of plant science = Revue Canadienne de Phytotechnie. p. 391-400.
- 122) O'Sullivan, P.A.; O'Donovan, J.T.; Hamman, W.M. Influence of non-ionic surfactants, ammonium sulphate, water quality and spray volume on the phytotoxicity of glyphosate. Can-J-Plant-Sci-Rev-Can-Phytotechnie. Ottawa : Agricultural Institute of Canada. Apr 1981. v. 61 (2) p. 391-400.
- 123) Obenshain, K.R. Spatial analysis of herbicide decay rates in Louisiana. Environmental monitoring and assessment. --Dec 1997. v. 48 (3) p. 307-316.
- 124) Ogner, Gunnar. The effect of glyphosate application on brook water quality in a nutrient-rich forest = Effekten av glyfosatsprøyting på vannkvaliteten i skogsbekker i nøringsrik skog / Gunnar Ogner. Trondheim : Norsk Institutt for Skogforskning, Institutt for Skogfag, 1993.
- 125) Ogner, G. Glyphosate application in forest-ecological aspects. II. The quality of water leached from forest soil lysimeters. Scandinavian journal of forest research. 1987. v. 2 (4) p. 469-480.
- 126) Ogner, G. Glyphosate application in forest-ecological aspects. V. The water quality of forest brooks after manual clearing or extreme glyphosate application. Scandinavian journal of forest research. 1987. v. 2 (4) p. 509-516. maps.
- 127) Ogner, G. Glyphosate application in forest-ecological aspects. IV. The water quality of forest brooks after routine application. Scandinavian journal of forest research. 1987. v. 2 (4) p. 499-508.
- 128) Olaleye, V.F. Effect of a glyphosate (N-Phosphonomethyl) glycine application to control *Eichhornia crassipes* Mart. on fish composition and abundance in Abiala creek, Niger Delta, Nigeria. Journal of environmental management June 1996. v. 47 (2) p. 115-122.
- 129) Oleskevich, C.; Shamoun, S.F.; Vesonder, R.F.; Punja, Z.K. Evaluation of *Fusarium avenaceum* and other fungi for potential as biological control agents of invasive *Rubus* species in British Columbia. Can-J-plant-pathol. Guelph, Ont. : Canadian Phytopathological Society. Mar 1998. v. 20 (1) p. 12-18.
- 130) Oliveira, M.T. Soil physical conditions in a New York orchard after eight years under different groundcover management systems. Plant and soil. July 2001. v. 234 (2) p. 233-237.
- 131) Olson, B.M. Soil microbial activity under chemical fallow conditions: effects of 2,4-D and glyphosate. 1991. v. 23 (11) Soil biology and biochemistry. p. 1071-1075.
- 132) Oppenhuizen, M.E. Liquid chromatographic determination of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in environmental water: collaborative study. Mar/Apr 1991. v. 74 (2) Journal of the Association of Official Analytical Chemists. p. 317-323.

- 133) Pankey,-J.H.; Griffin,-J.L.; Colyer,-P.D.; Schneider,-R.W. Relationship between preemergence herbicides and seedling disease in roundup ready cotton. Proc-S-Weed-Sci-Soc. Raleigh, N.C., etc. Southern Weed Science Society. 1999. v. 52 p. 33-34.
- 134) Paveglio, F.L. Use of Rodeo and X-77 spreader to control smooth cordgrass (*Spartina alterniflora*) in a southwestern Washington estuary. 1. Environmental fate. Environmental toxicology and chemistry /June 1996. v. 15 (6) p. 961-968.
- 135) Payne, N.J. Off-target deposits and buffer zones required around water for aerial glyphosate applications. 1990. v. 30 (2) Pesticide science. p. 183-198.
- 136) Payne, N. Off-target deposit measurements and buffer zones required around water for various aerial applications of glyphosate. Information report FPM-X - Forest Pest Management Institute. 1987. (80) 23 p. ill., maps.
- 137) Payne, N.J. Off-target glyphosate from aerial silvicultural applications, and buffer zones required around sensitive areas. Pesticide science. 1992. v. 34 (1) p. 1-8.
- 138) Payne, N. Off-target deposit measurements and buffer zones required around water for various aerial applications of glyphosate. Mar 1989. (063) FRDA report. p. 88-109.
- 139) Pfeifer, R.A. Evaluation of alternative cropping practices under herbicide use/soil loss restrictions. Clean water, clean environment, 21st century : team agriculture, working to protect water resources : conference proceedings, March 5-8, 1995, Kansas City, Missouri / v. 1 p. 145-148.
- 140) Pittaway,-P.A. Opportunistic association between *Pythium* species and weed residues causing seedling emergence failure in cereals. Aust-j-agric-res. Melbourne : Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 1950-. 1995. v. 46 (3) p. 655-662.
- 141) Ponte-Freitas, A. Penetration of isoproturon and inhibition of photosynthesis after droplet deposition on leaf fragments. Pesticide biochemistry and physiology. p. 54-61.
- 142) Porazinska,-D.L.; Duncan,-L.W.; McSorley,-R.; Graham,-J.H. Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem influenced by agricultural management practices. Agric,-ecosyst-environ,-Appl-soil-ecol. Amsterdam : Elsevier Science B. V., c1994-. Sept 1999. v. 13 (1) p. 69-86.
- 143) Powers, R.F. Intensive management of ponderosa pine plantations: sustainable productivity for the 21st century. Journal of sustainable forestry.2000. v. 10 (3/4)p. 249-255.
- 144) 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.
- 145) Reynolds, P.E. Alternative conifer release treatments affect below- and near-ground microclimate. The Forestry Chronicle. Jan/Feb 1997. v. 73 (1)p. 75-82.
- 146) Reynolds, P.E. Gas exchange for managed ponderosa pine stands positioned along a climatic gradient. Journal of sustainable forestry.2000. v. 10 (3/4)p. 257-265.
- 147) Reynolds, P.E. Alternative conifer release treatments affect microclimate and soil nitrogen mineralization. Forest ecology and management. Aug 1, 2000. v. 133 (1/2)p. 115-125.
- 148) Reynolds, P.E. Microclimate changes following alternative conifer release treatments continued through three post-treatment growing seasons. Journal of sustainable forestry. 2000. v. 10 (3/4)p. 267-275.
- 149) Richard, E.P. Jr. Sensitivity of sugarcane (*Saccharum* sp.) to glyphosate. Jan/Mar 1991. v. 39 (1) Weed Science. p. 73-77.
- 150) Roblin, E. Chemical control of Japanese knotweed (*Reynoutria japonica*) on river banks in South Wales. 1988. v. 16 Aspects of applied biology. p. 201-206.

- 151) Romo, J.T. Wolf plant effects on water relations, growth and productivity in crested wheatgrass. *Canadian Journal of Plant Science*. Oct 1994. v. 74 (4)p. 767-771.
- 152) Rosemond, J.M. Control of water hyacinth and water lettuce with glyphosate. *Proceedings - Southern Weed Science Society*. Jan 17-19, 1984. (37th) p. 292-299. ill.
- 153) Ruiter, H. de Influence of water stress and surfactant on the efficacy, absorption, and translocation of glyphosate. *Weed Science* May/June 1998. v. 46 (3)p. 289-296.
- 154) Sahid, I.B. Effects of watering frequency, shade and glyphosate application on *Paspalum conjugatum* Berg (sour grass). *Crop protection*. Crop protection (Guildford, Surrey)Feb 1996. v. 15 (1) p. 15-19.
- 155) Sancho, J.V. Rapid determination of glufosinate, glyphosate and aminomethylphosphonic acid in environmental water samples using precolumn fluorogenic labeling and coupled-column liquid chromatography. *Journal of Chromatography. A*. June 14, 1996. v. 737 (1) p. 75-83.
- 156) Sanderson, J.B.; MacLeod, J.A.; Kimpinski, J. Glyphosate application and timing of tillage of red clover affects potato response to N, soil N profile, and root and soil nematodes. *Can-j-soil-sci*. Ottawa : Agricultural Institute of Canada, 1957-. Feb 1999. v. 79 (1) p. 65-72.
- 157) Sanogo, S.; Yang, X.B.; Scherm, H. 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-. Jan 2000. v. 90 (1) p. 57-66.
- 158) Schoenholtz, S.H.; Burger, J.A.; Torbert, J.L. Natural mycorrhizal colonization of pines on reclaimed surface mines in Virginia. *J-Environ-Qual*. Madison, Wis. : American Society of Agronomy. Apr/June 1987. v. 16 (2) p. 143-146.
- 159) Sharon, A.; Amsellem, Z.; Gressel, J. Glyphosphate suppression of an elicited defence response: increased susceptibility of *Cassia obtusifolia* to a mycoherbicide. *Plant-Physiol*. Rockville, Md. : American Society of Plant Physiologists. Feb 1992. v. 98 (2) p. 654-659.
- 160) Shea, P.J. Reversal of cation-induced reduction in glyphosate activity with EDTA. *Weed science*. Nov 1984. v. 32 (6) p. 802-806.
- 161) Shilling, D.G. Interactive effects of diluent pH and calcium content on glyphosate activity on *Panicum repens* L. (torpedograss). Dec 1989. v. 29 (6) *Weed research*. p. 441-448.
- 162) Shiver, B.D. Comparison of herbicide treatments for controlling common coastal plain flatwoods species. Nov 1991. v. 15 (4) *Southern journal of applied forestry*. p. 187-193.
- 163) Somerville, A.J. The effects of pre-harvest sorghum spraying with glyphosate on the accumulation of soil water in fallow. *Non-tillage crop production in northern N.S.W. : proceedings of the project team meeting*, Tamworth, 17, 18 April 1985 / edited by R.J. Martin and W.L. Felton. p. 74-77.
- 164) Stallings, W.C.; Abdel-Meguid, S.S.; Lim, L.W.; Shieh, H.S.; Dayringer, H.E.; Leimgruber, N.K.; Stegeman, R.A.; Anderson, K.S.; Sikorski, J.A.; Padgett, S.R.; Kishore, G.M. Structure and topological symmetry of the glyphosate target 5-enol-pyruvylshikimate-3-phosphate synthase: A distinctive protein fold. *Proc-Natl-Acad-Sci-U-S-A*. Washington, D.C.: The Academy. June 1, 1991. v. 88 (11) p. 5046-5050.
- 165) Stratton, G.W.; Stewart, K.E. Glyphosate effects on microbial biomass in a coniferous forest soil. *Environ-Toxicol-Water-Qual*. New York, N.Y. : John Wiley & Sons. Aug 1992. v. 7 (3) p. 223-236.
- 166) Stratton, G.W. Glyphosate effects on microbial biomass in a coniferous forest soil. Aug 1992. v. 7 (3) *Environmental toxicology and water quality*. p. 223-236.
- 167) Sundaram, A. Solubility products of six metal-glyphosate complexes in water and forestry soils, and their influence on glyphosate toxicity to plants. *Journal of environmental science and health. Part B: Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*. 1997. v. B32 (4) p. 583-598.
- 168) Takahashi, S.; Nakajima, M.; Kimoshita, T.; Haruyama, H.; Sugai, S.; Honma, T.; Sato, S.; Haneishi, T.



Hydantocidin and cornexistin: new herbicidal antibiotics.

ACS-symp-ser. Washington, D.C.: American Chemical Society, 1974-. 1994. (551) p. 74-84.

169) Tanipipat, S. Influence of selected environmental factors on glyphosate efficacy when applied to awnless barnyard grass (*Echinochloa colona* (L.) Link). Australian journal of agricultural research. 1997. v. 48 (5) p. 695-702.

170) Tenuta, M. Denitrification following herbicide application to a grass sward. Canadian Journal of Soil Science. Feb 1996. v. 76 (1) p. 15-22.

171) Thelen, K.D. The basis for the hard-water antagonism of glyphosate activity. Weed Science Oct/Dec 1995. v. 43 (4) p. 541-548.

172) Thomas, K.D. Vegetation management using polyethylene mulch mats and glyphosate herbicide in a coastal British Columbia hybrid poplar plantation: four-year growth response. Western journal of applied forestry. Jan 2001. v. 16 (1) p. 26-30.

173) Tiffin, P. Response of corn grain yield to early and late killed red clover green manure and subirrigation. Journal of Production Agriculture. Jan/Mar 1998. v. 11 (1) p. 112-121.

174) Trotter, D.M, M. P. Wong, and R. A. Kent. Canadian water quality guidelines for glyphosate Ottawa, Ont. : Inland Waters Directorate, 1990. 27 p.

175) Tucker, D.P.H. Middles management methods in citrus affect soil retention and vegetation species. Proceedings of the ... annual meeting of the Florida State Horticultural Society. Florida State Horticultural Society. Meeting. June 1998. v. 110p. 39-43.

176) Turkington, T.K. The impact of soil incorporation of canola residues and stubble application of chemicals on decomposition and inoculum production by *Leptosphaeria maculans*. Canadian journal of plant pathology = Revue Canadienne de phytopathologie. June 2000. v. 22 (2) p. 155-159.

177) Tworkoski, T.J. Effect of moisture stress and glyphosate on adventitious shoot growth of Canada thistle (*Cirsium arvense*). Weed Science Jan/Feb 1998. v. 46 (1) p. 59-64.

178) United States. Environmental Protection Agency. Office of Science and Technology. United States. Environmental Protection Agency. Office of Water. Drinking water criteria document for glyphosate. Washington, D.C.: Health and Ecological Criteria Division, Office of Science and Technology, Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, [1992] 1 v. (various pagings)

179) United States. Agricultural Research Service. Cropping Systems and Water Quality Research Unit. Cropping Systems and Water Quality Research Unit [computer file]. Columbia, Mo. : USDA, ARS, The Unit, [2001]-

180) V.F. Burns, A.D. Kelley. Responses and residues in certain crops irrigated with water containing glyphosate. Pullman: College of Agriculture Research Center, Washington State University, 1975.

181) Villa, M.V. Hydrotalcites and organo-hydrotalcites as sorbents for removing pesticides from water. Journal of environmental science and health. Part B: Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes. 1999. v. B34 (3) p. 509-525.

182) Wan, M.T. Acute toxicity to juvenile Pacific Northwest salmonids of Basacid Blue NB755 and its mixture with formulated products of 2,4-D, glyphosate, and triclopyr. Sept 1991. v. 47 (3) Bulletin of environmental contamination and toxicology. p. 471-478.

183) 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.

184) Wan, Y.S. Dissipation of 2,4-D glyphosate and paraquat in river water. Water, air, and soil pollution Jan 1994. v. 72 (1/4) p. 1-7.

- 185) 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.
- 186) Wan, Michael T., Rahe, James E., and Watts, Ronald G. A New Technique for Determining the Sublethal Toxicity of pesticides to the Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungus *GLOMUS INTRARDICES* *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 17, No. 7. 1998 pp 1421-1428
- 187) Wang, Y.S. Accumulation of 2,4-D and glyphosate in fish and water hyacinth. *Water, Air, and Soil Pollution* Apr 1994. v. 74 (3/4) p. 397-403.
- 188) Wardle, D.A.; Parkinson, D. The influence of the herbicide glyphosate on interspecific interactions between four soil fungal species. *Mycol-Res*. Cambridge: Cambridge University Press. Mar 1992. v. 96 (pt.3) p. 180-186.
- 189) Wester, R.C. Glyphosate skin binding, absorption, residual tissue distribution, and skin decontamination. May 1991. v. 16 (4) *Fundamental and applied toxicology: official journal of the Society of Toxicology*. p. 725-732.
- 190) Wester, R.C. In vitro percutaneous absorption of model compounds glyphosate and malathion from cotton fabric into and through human skin. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*. Aug 1996. v. 34 (8) p. 731-735.
- 191) Wicks, G.A. Effect of rainfall on glyphosate plus 2,4-D performance on *Echinochloa crus-galli*. *Weed Science* Oct/Dec 1995. v. 43 (4) p. 666-670.
- 192) Wiese, A.F. Effect of tillage timing on herbicide toxicity to field bindweed. *Journal of production agriculture*. July/Sept 1997. v. 10 (3) p. 459-461.
- 193) Wigfield, Y.Y. A modified clean-up for the determination of glyphosate and its metabolite residues in lentils using high pressure liquid chromatography and post-column fluorogenic labelling. *Pesticide science*. 1991. v. 33 (4) p. 491-498.
- 194) Willoughby, I. Control of coppice regrowth in roadside woodlands. *Forestry: the journal of the Society of Foresters of Great Britain*. Forestry (London, England) 1999. v. 72 (4) p. 305-312.
- 195) Wittwer, R.F. Direct seeding of bottomland oaks in Oklahoma. Feb 1991. v. 15 (1) *Southern Journal of Applied Forestry*. p. 17-22.
- 196) Wong, P.K. Effects of 2,4-D, glyphosate and paraquat on growth, photosynthesis and chlorophyll-a synthesis of *Scenedesmus quadricauda* Berb 614. *Chemosphere* July 2000. v. 41 (1/2) p. 177-182.
- 197) Yeiser, J.L. Growth and physiological response of four shortleaf pine families to herbicidal control of herbaceous competition. Nov 1991. v. 15 (4) *Southern journal of applied forestry*. p. 199-204.
- 198) Zaranyika, M.F. Degradation of glyphosate in the aquatic environment: an enzymatic kinetic model that takes into account microbial degradation of both free and colloidal (or sediment) particle adsorbed glyphosate. *Journal of agricultural and food chemistry*. May 1993. v. 41 (5) p. 838-842.
- 199) Marassas, W.F.O, Nelson, P.E., and Tousson, T.A. *Toxicogenic Fusarium species: Identity and Mycotoxicology* Pennsylvania State University press, 1984
- 200) 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.
- 201) Hutchinson, G.I. Nitrogen Cycle Interactions with Global Change Processes. In Niertenberg, W.I. (Ed) *Encyclopedia of Environmental Biology*. Volume 2 1995, San Diego, Academic press. Pp. 583-587
- 202) Kenneth Freed "Anti-drug Effort Sows Bad Blood; Guatemala: Farmers Complain That Legitimate Crops Are Being Damaged by a U.S. Spraying Program Designed to Cut into Heroin Production." *Los Angeles Times*, October 15, 1989, Sunday, Home Edition



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ  
INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES -IDEA-

- 203) U.S. Department of State cable from Guatemala to Washington, DC: 1991GUATEM00643
- 204) 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
- 205) Folmar, L.C., Sander, H.O., and Julin, A.M. Toxicity of the Herbicide Glyphosate and several of its formulations on fish and aquatic invertebrates. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 8 1979. 269-278
- 206) Hartman, WA and Martin, D.B. Effect of suspended bentonite clay on the acute toxicity of glyphosate to *Daphnia pulex* and *Lemna minor*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 33 1984 pp. 355-361
- 207) Servizi, J.A., Gordon, R.W. and Martens, D.W. Acute Toxicity of Garlon 4 and Roundup herbicides in salmon, *Daphnia*, and trout. Bull. Environ. Contam. Toxicol 39 1987 pp. 15-22.