

EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES DEL USO DEL
GLIFOSATO COMO AGENTE PLAGUICIDA DE CULTIVOS ILÍCITOS EN ZONAS
RURALES DEL PAÍS

LAURA MELISA CAICEDO AMAZO

MONOGRAFÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN GESTIÓN AMBIENTAL

ORIENTADOR:
JUAN CAMILO CELY
DOCENTE ORIENTADOR

FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACION EN GESTION AMBIENTAL
BODOTA D.C.

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director de la especialización

Firma del calificador

Bogotá D.C. septiembre del 2021

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingeniería

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director de la Especialización en Gestión Ambiental

Ing. Nubia Liliana Becerra

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente a Juan Carlos Bolaños Realpe quien es parte fundamental de mi vida ya que conté con su apoyo incondicional durante este trabajo, a mi familia quienes me infundieron tranquilidad y ánimo en los momentos más críticos. Agradezco también profundamente a mi Orientador, el profesor Juan Camilo Cely quien me brindó asesoría a lo largo de todo este proceso. Finalmente, agradezco la ayuda de mis amigos, quienes en múltiples ocasiones me apoyaron en la realización de este trabajo. A todos gracias.

TABLA DECONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS	14
1. REVISIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE USOS DEL GLIFOSATO EN LA AGRICULTURA Y EN EL CONTROL DE CULTIVOS ILÍCITOS.	15
1.1Aplicación del glifosato en la agricultura	23
1.2Comercio del glifosato	26
1.3Estudio de caso	30
<i>1.3.1Situacion en Colombia</i>	30
<i>1.3.2Plan Colombia</i>	31
2.DESCRIPCIÓN LAS PRINCIPALES AFECTACIONES AMBIENTALES GENERADAS POR EL USO EXTENSIVO DEL PLAGUICIDA A PARTIR DE ESTUDIOS DE CASO A NIVEL REGIONAL.	34
2.1Impacto en el suelo	34
2.3Impacto en el agua	35
2.4impacto en la cobertura vegetal	36
2.5estudio de caso	37
<i>2.5.1 afectación ambiental</i>	37
2.6Caso de estudio 2	40
<i>2.6.1Análisis de residuos de glifosato en muestras ambientales y alimentos</i>	40
2.7Caso de estudio 3	41
<i>2.7.1Transporte de glifosato en el perfil de un suelo del sudeste bonaerense</i>	41
<i>2.7.2Caracterizacion del suelo</i>	42
3.ESTABLECER LAS CONDICIONES DE PERSISTENCIA Y TOXICIDAD DEL PLAGUICIDA SEGÚN EL CONVENIO DE ESTOCOLMO.	46
4.POLÍTICA AMBIENTAL	52
5.CONCLUSIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	56

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Características	20
Figura 2. . producción del Glifosato y Componentes Añadidos.	20
Figura 4. Market share Fitosanitario.	29
Figura 5. Mercado Mundial. 2013	29
Figura 6. Objetivos del plan Colombia por componente.	32
Figura 7. Afectación Al Suelo Por Glifosato	35
Figura 8.Descripción de la Escorrentía	36
Figura 9. Signos De Glifosato En Hojas	37
Figura 10. Espectros ATR-FTIR de glifosato y fosfato adsorbidos sobre goethita.	38
Figura 11. Desorción de glifosato en goethita debido a la adsorción de fosfato a medida que transcurre el tiempo. pH=4,5	39
Figura 12. Valores Observados Y Estimados Correspondientes A Las Profundidades De 100 Y 190 Cm.	43
Figura 13. Valores de concentración relativa de Glifosato y Br-, estimados, para las profundidades de 100 y 190 cm.	44
Figura 14. Convenio de Estocolmo	46

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Presentación Comercial del Glifosato	22
Tabla 2. Productos Comerciales que Contienen Glifosato.	24
Tabla 3. Pasos Para la Producción del Glifosato	27
Tabla 4. Cuadro Comparativo de la adsorción del glifosato (ácido) y un producto comercial (sal de isopropilamonio)	41
Tabla 5. Información sobre el Espesor de cada sustancia	43
Tabla 6. Concentración Máxima Y Masa De Glifosato Que Pasaron Las Profundidades De 100, 150 Y 190 Cm Cuando Se Aplicó El Equivalente A 8 L De Producto Comercial Y Se Regó Con Un Flujo Constante De 11 Mm H-1 De Agua.	45

RESUMEN

El tema de los cultivos de marihuana, coca y amapola tipificados como ilícitos, ha sido abordado de manera constante en los últimos años; sobre todo en Colombia en el gobierno del presidente Iván duque por que la erradicación mediante fumigaciones aéreas con productos químicos ha sido la estrategia más utilizada, dentro de un esquema que se ha dedicado a atacar principalmente la oferta de drogas en lugar de programas para prevenir el consumo compulsivo, combatir a los narcotraficantes, el suministro de precursores químicos y el lavado de dólares que nutren el sistema financiero internacional.

Por ende, considerando que en la actualidad el problema de las fumigaciones ha generado múltiples consecuencias tanto de seguridad nacional, como de derechos humanos y afectación al medio ambiente, se aborda el problema con la única intención de reflexionar acerca de ciertos aspectos de un conflicto complejo. El trabajo se encuentra estructurado en tres capítulos, a través de los cuales se analiza y estudia información acerca de la situación de los cultivos ilícitos en el Catatumbo región Norte de santander, su fumigación con glifosato, las políticas de erradicación del Gobierno Nacional y el impacto ambiental causado por las mismas.

Palabras claves: Glifosato, fumigación, Cultivos ilícitos, Convenio de Estocolmo, Medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

El glifosato (N-fosfonometilglicina, $C_3H_8NO_5P$, CAS 1071-83-6) es un herbicida de amplio espectro, desarrollado para eliminación de hierbas y de arbustos, en especial los perennes. Es absorbido por las hojas y no por las raíces. Se puede aplicar a las hojas, inyectarse a troncos y tallos, o pulverizarse a tocones como herbicida forestal.

El uso de herbicidas es de amplio espectro aplicados por vía aérea con el fin de erradicar los cultivos ilícitos ya que causa graves e innecesarios problemas de salud en personas y animales, contamina suelo, aire, agua y alimentos, destruye cultivos básicos, animales de cría y peces (siendo esta una base de la sobrevivencia de comunidades campesinas e indígenas), y atenta contra la biodiversidad.

Los cultivos ilícitos son uno de los principales problemas ambientales que enfrenta Colombia, ya que presionan los bosques, destruyen los ecosistemas, la biodiversidad y el capital social y humano. El glifosato mata las plantas interfiriendo con la síntesis de los aminoácidos fenilalanina, tirosina y triptófano. Lo hace inhibiendo la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa. Aunque el crecimiento se detiene a las pocas horas de la aplicación, las hojas tardan días en volverse amarillas es sintetizada por plantas y algunos microbios, pero no por mamíferos, por lo que este mecanismo de acción no les afecta. El glifosato es el principio activo del herbicida Roundup (nombre comercial producido por Monsanto comprada por Bayer en 2018, cuya patente expiró en 2000) Monsanto patentó en algunos países la soja transgénica resistente a glifosato, conocida como soja RR (Roundup) o soja, tecnología que permite la aplicación del herbicida en cobertura total sin afectar el cultivo. Existen actualmente en el mercado otras especies resistentes al glifosato, como maíz, algodón, canola, etc. (Agro-biotecnol, 2015); El uso del herbicida es un objeto de controversia desde el punto de vista toxicológico y ambiental, al ser un producto para la erradicación de malezas y cultivos ilícitos, existen grupos de riesgo que tienden a ser más vulnerables las cuales están en lo más alto de la pirámide de riesgos, las personas que se dedican a la agricultura, al igual que sus familias y poblaciones cercanas, a pesar de que otras personas se encuentran en zonas menos rurales, también se ven expuestos a este químico, debido a que los alimentos traídos de estas zonas son la principal vía de exposición al ser un químico que penetra

al suelo y filtra el agua sus residuos permanecen en la comida, el agua y esto se reduce que permanece en el cuerpo, por otro lado hay alto impacto al ecosistema puesto que el glifosato contamina los suelos y el agua por ende, a otros seres vivos tanto acuáticos, como terrestres, generando así reducciones en la diversidad vegetal que a su vez afectaría a seres vivos que son fundamentales para la agricultura es decir los polinizadores.

Todas las actividades relacionadas con los cultivos ilícitos sean estos de coca, amapola o marihuana, generan impactos negativos sobre el medioambiente, muchos de ellos con consecuencias irreversibles. En ocasiones los cultivos se desarrollan sobre bosques primarios y secundarios, donde hasta el momento de la implementación del cultivo, las actividades antrópicas no generaban impactos ambientales de grandes magnitudes; es así, como algunas de estas áreas son habitadas por comunidades indígenas que siempre habían vivido en armonía con la naturaleza, utilizando los bosques de manera sostenible.

En Colombia, el herbicida glifosato se utiliza ampliamente en la agricultura y para fines totalmente diferentes a la erradicación de la coca y la amapola. Solamente del 10% al 14% del uso total en Colombia es para el programa de erradicación. De igual forma, muchos de los plaguicidas y otras sustancias utilizadas en la producción de coca y amapola también se usan ampliamente en agricultura. El programa de erradicación por medio de la aspersión aérea en Colombia se realiza con modernas aeronaves y equipo de aspersión de última generación, es similar al utilizado en la aspersión de bosques en otras partes del mundo y produce gotas grandes las cuales minimizan la deriva de la aspersión. La identificación de los cultivos blanco u objetivo y la documentación electrónica de los sitios y áreas que se van a asperjar se adelantan con alta precisión, como resultado del uso de la mejor tecnología de aspersión y navegación disponible en la actualidad, la probabilidad de asperjar accidentalmente sitios que no estaban en la mira es poca y se estima que es menos del 1% del total de la superficie asperjada.

Según la organización mundial de la salud, en su revisión de estudios del glifosato en 1994 expresa las pruebas en animales demuestran que el glifosato no es carcinogénico.

En Colombia, dentro de lo establecido en el plan de manejo ambiental, el glifosato tiene variables de mortalidad y contaminación denunciadas por las personas que allí habitan, por lo que se debe tener en cuenta, la utilización de elementos químicos necesariamente genera daños en el ambiente y puede afectar seriamente a la población que este directamente vinculada a las fumigaciones. Se utilizan muchos químicos, que ingresan al país a través de acuerdos secretos, lo cual produce desconfianza en las medidas que adopta el gobierno para combatir los cultivos ilícitos.

Según la FAO (Fao, 1975) define plaguicida como cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, maderas y sus productos o alimentos para animales, que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos. Los plaguicidas, si son mal manejados, ya que pueden generar contaminación en los ambientes de trabajo donde son manipulados, o en general en el ambiente.

La toxicidad del glifosato ha sido rigurosamente evaluada en muchas partes, el glifosato tiene baja toxicidad en otros organismos que no son el objetivo, excepto para las plantas verdes. Se considera de baja toxicidad en forma aguda o crónica; no es carcinogénico, ni mutagénico y tampoco es lesivo para la reproducción. Con respecto a los humanos, no se le considera nocivo, excepto por la posibilidad de irritación ocular transitoria y, probablemente, cutánea. La toxicidad de la formulación tal y como es usada en el programa de erradicación de Colombia, una mezcla de glifosato y Cosmo-Flux, se ha caracterizado en pruebas específicas practicadas en animales de experimentación. Se observó que la mezcla tiene poca toxicidad para los mamíferos por cualquier ruta de exposición, aunque se puede presentar irritación ocular pasajera. Por extrapolación, no se espera que la mezcla de aspersión sea tóxica para los mamíferos terrestres y vertebrados. Los estudios epidemiológicos llevados a cabo en diversas zonas en diferentes partes del mundo no sugieren una asociación fuerte o consistente entre el uso del glifosato y resultados específicos en la salud humana. En Colombia se llevó a cabo un estudio epidemiológico preliminar para evaluar cualquier asociación que pudiese existir entre el glifosato y el resultado en la reproducción, el

tiempo transcurrido para quedar en embarazo en los humanos. Este estudio no encontró ninguna asociación entre el tiempo para quedar en embarazo y el uso de glifosato en el programa de erradicación por aspersión aérea.

El glifosato es de uso muy extendido (amplia cantidad, en diversos cultivos), es un herbicida no selectivo de amplio espectro, por lo tanto, con potencial efecto en cualquier vegetal, se han hecho también diversos estudios sobre su toxicidad en animales, pero sin embargo, para erradicar el problema residual del glifosato no se han hecho estudios al respecto que permitan generar datos sobre daños en el ecosistema, ya que valorando los antecedentes se puede establecer medidas más eficaces de fumigación. Tanto para el medio ambiente como para los seres humanos lo más sano sería erradicar este producto químico en la industria agricultora, es decir convertir la agricultura en una siembra limpia que mejorarían la productividad y el consumo de dichos alimentos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer los principales efectos ambientales del uso del glifosato como agente plaguicida de cultivos ilícitos en zonas rurales del país

Objetivos específicos

1. Revisar el estado actual de usos del glifosato en la agricultura y en el control de cultivos ilícitos.
2. Describir las principales afectaciones ambientales generadas por el uso extensivo del plaguicida a partir de estudios de caso a nivel regional.
3. Establecer las condiciones de persistencia y toxicidad del plaguicida según el Convenio de Estocolmo.

1. REVISIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE USOS DEL GLIFOSATO EN LA AGRICULTURA Y EN EL CONTROL DE CULTIVOS ILÍCITOS

En los cultivos ilícitos se observan la siembra de plantas que son materia prima para la producción de drogas narcotizantes; es una actividad que genera problemáticas sociales, políticas y económicas de inmensas proporciones. Colombia ha sido un país discriminado por su producción a gran escala de cocaína, de amapola y marihuana en menor escala, por los antecedentes que dejó el narcotráfico, y por miles de "mulas" que son capturadas cada año en diversos aeropuertos del mundo. En los países europeos, lejos de un conocimiento de las necesidades reales de nuestra población, de la terrible encrucijada que tejen los cultivos ilícitos y la violencia, comienza a darse un fenómeno generalizado de rechazo a las personas de nacionalidad colombiana venideras. Es decir, no se trata sólo del espacio en el que se desarrolla la vida, sino que también abarca seres vivos, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos, así como elementos tan intangibles como la cultura. Por otro lado, se entiende por medioambiente al entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o la sociedad en su conjunto. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida del hombre y en las generaciones venideras. Es decir, no se trata sólo del espacio en el que se desarrolla la vida sino que también abarca seres vivos, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos, así como elementos tan intangibles como la cultura.

El medio ambiente es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas. (Definición de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente en Estocolmo 1972). Debido a esto el glifosato es uno de los plaguicidas más ampliamente utilizados en todo el mundo, su uso incluye manejo agrícola, industrial, de jardinería ornamental y de manejo de malezas en las residencias.

En la agricultura, el uso de glifosato se está incrementando y su uso en los cultivos de soya es probablemente mayor desde la introducción de cultivos resistentes al glifosato (Wolfenbarger y Phifer, 2000). Otros usos en agricultura para los productos a base de glifosato incluyen su aplicación por agricultores como una etapa rutinaria en la preparación de los suelos antes de su

siembra. Los usuarios que no pertenecen al campo de la agricultura incluyen las empresas públicas, los municipios y los departamentos regionales de transporte que usan el glifosato para el control de malezas y de otras plantas dañinas. El glifosato es un herbicida sistémico que actúa en post-emergencia, no selectivo, de amplio espectro, usado para matar plantas no deseadas como pastos anuales y perennes, hierbas de hoja ancha y especies leñosas. El glifosato técnico es un ácido, pero se usa comúnmente en forma de sales, siendo la más común la sal isopropilamina (IPA) de N-(fosfometil) glicina, o sal isopropilamina de glifosato. Es altamente soluble en agua, prácticamente insoluble en solventes orgánicos. Su nombre comercial más conocido es el Roundup de Monsanto, del cual existen varias formulaciones, que se caracterizan comúnmente por contener 480 g/L de sal IPA de glifosato y el surfactante POEA (polioxietyl amina), pudiendo estribar las diferencias en las concentraciones de los ingredientes y en la clase o mezclas de POEA, el cual es una familia de alquilaminas polietoxiladas sintetizadas de ácidos grasos de origen animal. En algunos casos pueden contener surfactantes adicionales. (Dinham, 1999; EPA, 1999; Green Peace, 1997; Meister, 2000; Williams et. al., 2000).

En Colombia, además de su uso como herbicida en la agricultura, se usa también como desecante de granos y por vía aérea como madurante en la caña de azúcar y en los programas de erradicación forzosa de cultivos calificados como ilícitos. El Roundup usado normalmente en la agricultura contiene 41% de sal IPA de glifosato, y el Roundup Ultra utilizado en la erradicación de cultivos ilícitos, contiene 43.9% del ingrediente activo. Se observa que el surfactante POEA contenido en la formulación causa daño gastrointestinal y al sistema nervioso central, problemas respiratorios y destrucción de glóbulos rojos en humanos. POEA está contaminado con 1-4 dioxano, el cual ha causado cáncer en animales, daño a hígado y riñones en humanos. El principal metabolito en la degradación del glifosato en ambientes terrestres es el ácido aminometilfosfónico, el cual es también tóxico, el glifosato puede contener cantidades traza de N-nitroso glifosato o este compuesto puede formarse en el ambiente al combinarse con nitrato (presente en saliva humana o fertilizantes). La mayoría de compuestos N-nitroso son cancerígenos y no existe nivel seguro de exposición a un cancerígeno. El formaldehído, otro carcinógeno conocido, es también un producto de descomposición del glifosato (glifosato a AMPA a Metilamina a Formaldehído). (Cox, 1995; Dinham, 1999; Williams et. al., 2000) Cantidades mínimas del herbicida pueden causar daño a cultivos. Uno de los primeros boletines técnicos de Monsanto (MON-057-1-71) afirmaba que "las

aplicaciones aéreas deben evitarse si existe peligro de que el químico se ponga en contacto con especies deseables". En la etiqueta de Roundup en Colombia actualmente se afirma que los riesgos de causar daños a los cultivos vecinos se reducen considerablemente cuando las aplicaciones se realizan con el viento en calma, dirigido a las malezas, utilizando pantalla protectora para evitar que las gotas de aspersión caigan sobre las partes verdes de las plantas deseables.

De acuerdo con la etiqueta del Roundup, el herbicida que cae al suelo es inactivado inmediatamente mediante una reacción química que ocurre con las arcillas, sin dejar residuos que puedan afectar las siembras posteriores, ni tampoco penetrar por las raíces de los cultivos ya establecidos, varios investigadores afirman que el glifosato puede ser fácilmente desorbido en algunas clases de suelo, o sea que se puede soltar de las partículas pudiendo ser muy móvil en el ambiente del suelo. En un tipo de suelo, el 80% del glifosato adicionado desorbió o se soltó en un período de dos horas. (Cox,1995).

El glifosato es altamente soluble en agua, con una solubilidad de 12 gramos/litro a 25°C. Debido a su estado iónico en el agua no se espera que se volatilice de aguas ni de suelos. Su persistencia en aguas es más corta que en suelos, por su capacidad de adsorción a partículas en suspensión como materia orgánica y mineral, a sedimentos y probablemente por descomposición microbial, por ende la acción herbicida del glifosato se debe a la inhibición de la biosíntesis de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina y triptofano), usados en la síntesis de proteínas y que son esenciales para el crecimiento y sobrevivencia de las plantas. El glifosato inhibe la enzima enolpiruvilchiquimato-fosfato sintasa (EPSPS), importante en la síntesis de aminoácidos aromáticos; también puede inhibir o reprimir la acción de otras dos enzimas involucradas en otros pasos de la síntesis de los mismos aminoácidos, la clorismato mutasa y prefrenato hidratasa, debido a ello todas estas enzimas forman parte de la vía del ácido, presente en plantas superiores y microorganismos, pero no en animales. El glifosato puede afectar también otras enzimas no relacionadas con la vía del ácido. en la caña de azúcar reduce la actividad de una de las enzimas involucradas en el metabolismo del azúcar, la ácido invertasa, por ser ello al ser un herbicida de amplio espectro, tiene efectos tóxicos sobre la mayoría de las especies de plantas, y puede ser un riesgo para especies en peligro de extinción si se aplica en áreas donde ellas viven. De acuerdo con información de la EPA, reportada por PAN Asia y el Pacífico, más de 74 especies amenazadas

en Estados Unidos pueden estar en riesgo por el uso del glifosato. El glifosato puede inhibir hongos benéficos que ayudan a las plantas a absorber nutrientes y agua. Por ejemplo, se encontró que en un estudio inhibió la formación de nódulos fijadores de nitrógeno en trébol durante 120 días después del tratamiento. En dosis subletales puede interferir con algunos procesos metabólicos en plantas: en fríjol puede ser inhibida la absorción de potasio y sodio y en espárragos y lino puede reducirse la producción de lignina. Colombia es un país que por su posición geográfica presenta unas condiciones particulares climáticas y de alta biodiversidad, las cuales se reflejan en numerosas plagas que atacan a los cultivos agrícolas, pero igualmente nos brindan la oportunidad de disponer de agentes naturales para el control biológico. En este sentido el país tiene el reto de manejar y controlar las plagas con criterios científicos racionales que propendan por una agricultura sostenible, por ende la formulación de plaguicidas consiste en mezclar un ingrediente activo con elementos que cumplen el rol de vehículos, obteniéndose en distintas formas el producto final, el vehículo del plaguicida se usa además para un manejo más eficiente de éste, para regular la concentración con la que se utilizará el ingrediente activo y para darle un estado físico compatible con la forma en que será aplicado (polvo, líquido, etc.).

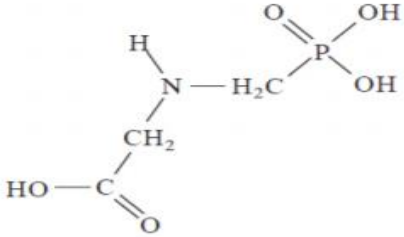
Hasta hace poco y aún hoy en día, uno de los argumentos que reportan las empresas se basa en que desde hace 25 años el glifosato viene siendo utilizado y no había generado resistencia en ninguna maleza. Sin embargo, actualmente comienza a aparecer tolerancia en plantas al herbicida, y en un país con un sistema productivo similar al nuestro en campos manejados de manera parecida a como lo estamos haciendo actualmente con planteos de siembra directa. El reciente descubrimiento en Australia, de la maleza ryegrass anual, *Lolium rigidum*, tolerante al glifosato es un importante llamado de atención que hace necesario que se exploren las estrategias de manejo de la resistencia que serán importantes después de la adopción masiva de los cultivos resistentes a ese herbicida. En un ensayo realizado en Australia, se ha comprobado la resistencia al herbicida. La experiencia se hizo en un campo dedicado a agricultura continua desde 1980, sobre el que se hacía un uso regular de agroquímicos y sobre el cual se habían realizado más de diez aplicaciones de glifosato. La Agencia de Protección Medioambiental (EPA) ya reclasificó los plaguicidas que contienen glifosato como clase II, altamente tóxicos, por ser irritantes de los ojos. La Organización Mundial de la Salud, sin embargo, describe efectos más serios; en varios estudios con conejos, los calificó como irritantes. El Ingrediente activo (Glifosato) está clasificado como

extremadamente tóxico (categoría I) (Kaczewer, 2002). Continúa afirmando el mismo autor que las fórmulas conteniendo Glifosato producen mayor toxicidad aguda que el glifosato solo. La cantidad de Round-up (Glifosato + POEA) requerida para ocasionar la muerte de ratas es tres veces menor que la de glifosato puro (Kaczewer, 2002). En cuanto a las formas de exposición, la toxicidad de ambas presentaciones (Glifosato puro, fórmulas compuestas) es mayor en casos de exposición dérmica e inhalatoria (exposición ocupacional) que, en casos de ingestión, siempre de acuerdo con la información de la misma fuente (Kaczewer, 2002). En humanos, los síntomas de envenenamiento incluyen irritaciones dérmicas y oculares, náuseas y mareos, edema pulmonar, descenso de la presión sanguínea, reacciones alérgicas, dolor abdominal, pérdida masiva de líquido gastrointestinal, vómito, pérdida de conciencia, destrucción de glóbulos rojos, electrocardiogramas anormales y daño o falla renal (Kaczewer, 2002). Colombia, es el país donde se utiliza el glifosato para la erradicación de cultivos ilícitos está afectando el medio ambiente debido a que este no es selectivo y afecta tanto a plantas como animales en cualquier lugar donde este haga contacto, por lo tanto, este debe ser eliminado de la lista de sistemas de erradicación.

El glifosato es un herbicida de amplio espectro, y adecuado para el control de muchas especies de malezas. No actúa sobre las semillas que existen por debajo del suelo y tampoco es absorbido por las raíces. Debido a esto se puede decir que no es de acción residual prolongada y que no es ni actúa como herbicida esterilizante del suelo. En la totalidad de las formulaciones comerciales del Glifosato son fáciles de manejar, muy solubles en agua y químicamente muy estables en cualquier proporción. Por lo tanto, se puede inferir que si se adicionando tensiones bajas de vapor, las formulaciones de uso en el campo no sean volátiles.

Figura 1.

Características

NOMENCLATURA	ESTRUCTURA
<p>Nombre común: Glifosato</p> <p>IUPAC: <i>N</i>-fosfonometil-glicina</p> <p>Presentaciones: sal de amonio, sal de isopropil amina, glifosato ácido, sal potásica.</p> <p>Nombres comerciales: <i>Abundit Extra</i>®; <i>Credit</i>®; <i>Xtreme</i>®; <i>Glifonox</i>®; <i>Glyphogan</i>®; <i>Ground-Up</i>®; <i>Rodeo</i>®; <i>Roundup</i>®; <i>Touchdown</i>®; <i>Tragli</i>®; <i>Wipe Out</i>®; <i>Yerbimat</i>®</p> <p>En México: Faena®, Cacique 480®, Nobel 62%®, Lafam®, Eurosato® y Agroma®.</p>	 <p>Fórmula condensada: C₃H₈NO₅P</p>
DESCRIPCIÓN	PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS
<p>El glifosato ácido es un sólido cristalino incoloro e inodoro. Está formulado como una sal que consiste en el ácido desprotonado del glifosato y un catión: isopropilamina, amonio o sodio. En algunas formulaciones puede contener más de una de estas sales.</p>	<p>Solubilidad en agua: de la forma ácida: 11.6 g/L a 25 °C.</p> <p>Solubilidad en otros solventes: insoluble en acetona, etanol y xileno.</p>

Nota. Nomenclatura y otros datos del glifosato, reproducida de conacyt-mx, 2019, Fuente: (Plan de Manejo Ambiental Erradicación de Cultivos Ilícitos. Glifosato. *Plan de Manejo Ambiental*, 0, 3–4.) En dominio público.

Figura 2. .

Producción del Glifosato y Componentes Añadidos.

<p>Se utiliza como herbicida sistémico de post-emergencia, de amplio espectro no selectivo que mata todo tipo de plantas, incluidas las gramíneas, plantas perennes, vides, arbustos y árboles.</p>	<p>Densidad: 1.704 kg/m³</p> <p>Masa molar: 169.014 g/mol</p>
PRODUCCIÓN	
<p>Existen 91 productores en 20 países, generando un volumen de producción de 720 000 toneladas en 2012, de las cuales China produce el 40%. Se estima que actualmente se produce el doble de la cantidad necesaria, lo que lleva al abaratamiento de precios y a un uso todavía más indiscriminado.</p>	

Figura 3. (Continuación)

COADYUVANTES /COMPONENTES AÑADIDOS
<p>Muchas de las formulaciones comerciales de glifosato contienen otros ingredientes que no están obligados a reportar y que pueden aumentar la toxicidad o la absorción del glifosato. Algunos de estos ingredientes encontrados en marcas comerciales son:</p> <ul style="list-style-type: none">• POEA: polioxietilen-alkil-amina. Es una amina derivada del sebo de ganado que se utiliza como el principal surfactante añadido. Es tóxico para ambientes acuáticos, causa irritación ocular y penetra las membranas celulares causando alteraciones y facilitando la entrada del glifosato a las células.• Polietilenglicol: otro surfactante que causa alteraciones genéticas, afecta la fertilidad y puede provocar anemia.• Sal de sodio de <i>o</i>-fenilfenol: es altamente irritante para la piel y causa alteraciones genéticas y cáncer.

Nota. Producción y componentes añadidos, reproducida de Conacyt.mx,2019, fuente: (Plan de Manejo Ambiental Erradicación de Cultivos Ilícitos. Glifosato. *Plan de Manejo Ambiental*, 0, 3–4.), en dominio público.

Por la naturaleza de sus propiedades físicas y químicas el Glifosato es un plaguicida perteneciente al grupo de los herbicidas de acción sistémica, por la vía del follaje (vía del follaje hace referencia a que se nutre el cultivo). No es apto para tratamientos de control de malezas por la vía del sistema radicular (esto quiere decir que es el órgano vegetativo de las plantas que crece en dirección inversa a la del tallo e introducido en el suelo, donde se absorbe de éstos el agua y los minerales para su crecimiento y desarrollo). El Glifosato es una solución líquida, clara, viscosa y de color ambarino; normalmente tiene una concentración de iones H de 4,4 a 4,9 y una gravedad específica de 1,17. Prácticamente inoloro o con un ligero olor a amina; tiene un peso molecular de 169,08 y un punto de fusión de 200o C. El glifosato presenta varios tipos de formulaciones comerciales en la forma de concentrados solubles de la sal isopropanolamina del N- (Fosfonometil) glicine, en los cuales se integran el Glifosato y los ingredientes inertes requeridos para cada tipo de formulación comercial. Pero la forma de comercialización más común son los concentrados solubles en agua, también es posible tener acceso a las siguientes preparaciones para uso específicos.

- Ingrediente de grado químicamente puro (Para uso de laboratorio)
- Ingrediente de grado técnico.
- Concentrados emulsionables y concentrados en emulsiones invertidas

- Concentrados solubles en agua, de diferente concentración
- Polvos mojables, solubles en agua y para espolvoreo y Formulaciones fumigantes
- Formulaciones granulares, Formulaciones en peletas y Formulaciones encapsuladas

En Colombia existen las presentaciones comerciales formuladas por Empresas establecidas en el país, con registros de venta vigentes en abril de 1997, como se muestra a continuación:

Tabla 1.

Presentación Comercial del Glifosato

Nombre Comercial	Firmas Productoras	Concentración *	Registro ICA
Faena 320	Proficol SA	320 g/L	1800
Faena 320 SL	Monsanto Colombiana	320 g/L	1775
Fuete SL	Monsanto Colombiana	480 g/L	2475
Ranger SL	Monsanto Colombiana	240 g/L	2312
Rocket SG	Monsanto Colombiana	74-75%	1993
Rocky SL	Monsanto Colombiana	120 g/L	1757
Roundup madurante SL	Monsanto Colombiana	480 g/L	2670
Roundup SG	Monsanto Colombiana	74-75%	2488
Roundup SL (Sal)	Monsanto Colombiana	480 g/L	756
Glifosato 48 SL	Coagro Ltda	48%	2699
Clinofox	Cedar Crystal Chemical	480 g/L	2490
Glifosol SL	Colijap Ind. Agroquímica	480 g/L	2337
Glyfosan SL	Químicos e Insumos Agrícolas	480 g/L	2234
Glyphogan 480 SL	Magan de Colombia	480 g/L	2530
Candela 120 SL	Agroser SA	120 g/L	2233
Candela XL	Agroser SA	120 g/L	2800
Coloso SL	Basf Química Colombiana	480 g/L	2609
Panzer 320 SL	Invequímica SA	320 g/L	2569
Panzer 480 SL	Invequímica SA	480 g/L	2399
Regio SL	Quimor SA	480 g/L	2211

Nota. Identificación del herbicida glifosato propiedades y toxicidad, reproducida de DNE, 2015, Tomado de. Mamacoca.(2000) Identificación del herbicida glifosato propiedades y toxicidad. [Arhivo en pdf]. http://www.mamacoca.org/docs_de_base/Fumigas/glifosato_DNE.pdf

(ANLA, 2000) En el proceso de preparación de las formulaciones de uso comercial de cualquier plaguicida, incluyendo el Glifosato, es una tarea compleja y aunque se disponga de procedimiento básico de referencia, siempre existirán causales donde se realicen diferentes modificaciones en la selección y calidad de las materias primas, por consiguiente, se hace un énfasis especial en los solventes y en las mezclas o surfactantes anionicos y no iónicos. Para el caso del Glifosato se dispone de la siguiente información:

De acuerdo con el Fabricante, la formulación típica del Glifosato de uso comercial, en su presentación de líquido soluble, corresponde a

Ingrediente activo: Glifosato, N-(Fosfonometil) glicina, en sal isopropilamina,	41,0 %
Inertes (Seboaminas etoxiladas)*	59,0 %

Sustancias químicas peligrosas, en concepto de algunas Entidades Normativas, y capaces de causar irritación gastrointestinal, náuseas, vómito y diarrea. Algunas de las formulaciones comerciales del Glifosato se relacionan con el surfactante conocido como POEA, en una proporción cercana al 15 %. Este compuesto, según varias investigaciones toxicológicas, puede ser causa de daños gastrointestinales, ciertas afecciones al sistema nervioso central, algunos problemas respiratorios y ser capaz de destruir los glóbulos rojos en la sangre humana.

En las instrucciones de uso de los herbicidas con glifosato se especifica que debe aplicarse con trajes protectores, guantes, a máximo 20 centímetros del suelo y usando una pantalla para evitar el fenómeno de deriva. Cuando el viento lleva el herbicida a un sector fuera del objetivo fenómeno conocido como deriva, puede afectar a muchos otros organismos: insectos, cultivos de supervivencia y vegetación natural.

1.1Aplicación del glifosato en la agricultura

En Colombia dado al aumento de la población y de la demanda en la industria de alimentos, se ha reflejado un incremento considerable en la producción agrícola, situación que ha llevado a la extensión de zonas de siembra de productos para el consumo humano y animal, circunstancia que genera al pequeño y gran productor acudir a un mayor uso de fungicidas, insecticidas y herbicidas que según la experiencia y la costumbre de los mismos les permiten en un alto porcentaje, garantizar una mejor y mayor producción agrícola; frente a los herbicidas en especial el glifosato su amplio uso en la fruticultura se debe a la propiedad desecante generada por el mismo en cultivos tales como la caña de azúcar el cual una vez aplicado, permite el incremento de la concentración de la sacarosa antes de la cosecha. La eliminación de vegetación indeseable a través del glifosato ha generado una disminución en las labores mecánicas y de fertilización en el control de malezas, estimulando así una mayor rentabilidad y eficiencia en la siembra y producción de frutales,

leguminosas y forraje. Actualmente el ingrediente químico del glifosato puede encontrarse con diferentes nombres comerciales y diferentes tipos de concentración en el mercado agrícola. El Instituto Colombiano Agropecuario –ICA, es la entidad encargada de otorgar los registros y expedir las resoluciones para la comercialización de los mismos en el territorio nacional. Los herbicidas a base de glifosato se encuentran entre los agroquímicos más comunes y ampliamente utilizados a nivel global. En países como Colombia, su uso no se ha limitado exclusivamente para el control de malezas en cultivos agrícolas de pequeña y gran escala;

Tabla 2.

Productos Comerciales que Contienen Glifosato.

NOMBRE DEL PRODUCTO	CASA COMERCIAL	REGISTRO ICA
GLYFOAICA SL	AGROSER S.A	1710
GRANTIK	AGROSER S.A	1581
GLIFOSATO AGROGEN 747 SG	NUFARM COLOMBIA S.A	1416
GLIFOGEN 648 SL	NUFARM COLOMBIA S.A	2115
BROKER 480 SL	TRUST QUIMICA LTDA	3265
FAITER SL	AGROSER S.A	2081
TOUCHDOWN® IQ SL	SYNGENTA S.A	3485
GLIFOGEN 648 SL	NUFARM COLOMBIA S.A	2720
GLIFOSATO VECOL 480 SL	VECOL S.A	3296
ROUNDUP TRANSORB BRIO	COMPANIA AGRICOLA S.A.S COACOL	0023.
GFOX 480 SL	PHYTOCARE S.A.S	1363
ROUNDUP TRANSORB ACTIVO	COMPANIA AGRICOLA COLOMBIANA LTDA Y CIA S.C.A	0022.
FOSSEL® 480 SL	TECNOQUIMICAS S.A	1022
PANZER 648 SL	INVESEA S.A	2386
CUSPIDE 480 SL	TALANU CHEMICAL LTDA	5714
CORTADOR® 480 SL	POINT DE COLOMBIA LTDA	1840
GLYPHONEX® 480 SL	HELM ANDINA LTDA	5778
KALACH 480 SL	ARYSTA LIFESCENCE COLOMBIA S.A	4000
DOGO 480 SL-DVA	DVA DE COLOMBIA LTDA	2410
GLYFOS 486 SL	CHEMINOVA AGRO DE COLOMBIA S.A	3554
CLEAROUT 480 SL	DEWRENEW INTERNATIONAL CORPORATION	0224.
GLIFOSATO WOHL 480 SL	WOHL LTDA C.I	380
RAZOR 480 SL	IMCOLVET LTDA	4275
KEMADOR 480 SL	GENFAR S.A.	3271
SHYFO 480 SL	SHARDA COLOMBIA S.A	3629
GLIFOCIDA 480 SL	LABORATORIOS CHALVER DE COLOMBIA S.A	4279
ROKO 480 SL	C.IBANACOL S.A	4189
ATILA 747 SG	NUFARM COLOMBIA S.A	4513
GLIFOSATO INPRO SL	INPROARROZ LTDA	0356.
GLIFOSELL 480 SL	AGROPECUARIA Y SERVICIOS DE LOS LLANOS S.A AGROSELL S.A	2877
GLIFOMAX 480 SL	AGRODIA S.A	4003
GLIFOSATO YASER 480 SL	YASER S.A.S	848
ESKOBA AMONIO SL	RED SURCOS COLOMBIA LTDA	3590
GLIFOSOL®GREEN	ARYSTA LIFESCENCES COLOMBIA S.A	2423
VICTORIUS 48 SL	SODIAK S.A	3627
ESTELAR™ 1280 SL	DOW AGROSCIENCES DE COLOMBIA S.A.S	5772
GLIFOSATO RAINBOW 480 SL	RAINBOW AGROSCIENCES S.A.S	682
GLIFOSATO DEL MONTE ®480 SL	DEL MONTE AGROSCIENCES S.A.S	3289

Nota. Productos comerciales que contienen glifosato. Tomado de La Republica, (25 de junio de 2019). Más de 45 empresas trabajan con productos finales o formulaciones con base de glifosato
<https://www.larepublica.co/empresas/mas-de-45-empresas-trabajan-con-productos-finales-o-formulaciones-con-base-de-glifosato-2876893>

El mecanismo de acción del glifosato en la erradicación de cultivos ilícitos, ha tenido un mayor auge durante los últimos años, ya que su aplicación ha permitido evidenciar a través de informes presentados por la Dirección Nacional de Estupefacientes –DNE una disminución de las plantaciones ilícitas como la Coca, Marihuana y amapola, a pesar de esto, Iniciativas internacionales, han manifestado el rechazo a este herbicida, frente a los posibles efectos del mismo contra la salud humana y que poco a poco a atentado contra la preservación de la fauna y flora colombiana; Actualmente son muchas las organizaciones e instituciones nacionales e internacionales que han procedido a la realización de diferentes estudios científicos, análisis químicos y recolección de pruebas que permitan mostrar

evidencia clara y eficaz de las verdaderas implicaciones de la utilización del ingrediente activo glifosato en la erradicación de cultivos ilícitos en Colombia y a nivel mundial.

históricamente, también se han empleado en los programas de fumigación aérea para la erradicación de cultivos ilícitos. Frente a la aplicación intensiva del glifosato en la agricultura y la posible reanudación de la aspersión aérea con glifosato como parte de la estrategia integral para combatir el narcotráfico, surgen numerosos interrogantes sobre el peligro que supone la acumulación del glifosato en el ambiente y sus posibles efectos directos o indirectos en los microorganismos del suelo. El Glifosato facilitó la tendencia a evitar o minimizar la labranza en operaciones agrícolas (agronegocios, 2016); La labranza es una práctica en agricultura para preparar el suelo antes de la siembra, a partir del trazado de surcos profundos en la tierra con ayuda de herramientas tradicionales o con maquinarias. El arado se realiza para facilitar la circulación del aire y del agua en las capas superiores del suelo, y también, para destruir mecánicamente las malezas.

1.2 Comercio del glifosato

1.2.1 El éxito comercial del glifosato es posible atribuirlo a la combinación de diferentes aspectos.

Su eficacia como herbicida sistémico de amplio espectro, el desarrollo de variedades de cultivos resistentes al glifosato y la tendencia a evitar o minimizar la labranza en operaciones agrícolas. En conjunto, estos factores favorecen que el glifosato fuera adoptado rápidamente en la agricultura moderna como el herbicida preferente para la remoción de malezas. El uso de cultivos transgénicos permitió que productores y campesinos depositaran su confianza en la efectividad del glifosato, como método herbicida preferente para la remoción de malezas. Históricamente, para obtener resultados confiables en el control de malezas en cultivos convencionales, se requería la aspersión de múltiples herbicidas selectivos; de manera que el volumen total de aplicación combinado solía ser alto y esto, a su vez, amplificaba la toxicidad ambiental asociado a cada agroquímico utilizado. En consecuencia, esta situación favoreció a que el glifosato reemplazara a otras alternativas manuales para deshacerse de la maleza, tales como la escarda manual que es el método más antiguo de control de malas hierbas. Por la inversión de tiempo y mano de obra que supone es adecuada para el control de pequeños espacios como son los alcorques o lugares donde el crecimiento de hierbas es muy escaso como, por ejemplo, el borde de paredes y aceras. Las escardas y siegas mecánicas suponen la eliminación o recorte de hierbas ya germinadas o en desarrollo. Existe multitud de aperos y maquinaria diversa para este tipo de trabajo en función del tamaño y forma del área que se quiere manejar. La escarda térmica consiste en utilizar una fuente de calor para aplicar sobre las hierbas que se quieren eliminar. No se pretende quemarlas sino sólo deshidratarlas. Este sistema suele.

Consistir en un bastidor dotado de uno o varios quemadores de gas, propano o butano. En los últimos años también se han desarrollado quemadores de infrarrojos que implican menos riesgo de combustión. Estos aperos también pueden tener distintas dimensiones, pueden estar dirigidos a su manejo manual o ser aperos acoplados al tractor. Este tipo de maquinaria se utiliza con bastante frecuencia en las ciudades del Norte de Europa para eliminar las malas hierbas de zonas urbanas, disminuyendo la demanda comercial de estos y su uso rutinario para el manejo agropecuario. Los

beneficios que los plaguicidas han brindado a la producción de los cultivos son incuestionables, pero cabe resaltar que solamente una parte de lo que se aplica ejerce su función, el resto es distribuido en el ambiente. La presencia de estas especies en aguas subterráneas y cuerpos de agua natural es un tema de preocupación desde varios puntos de vista: desde la salud, desde lo ecológico, desde lo ambiental, desde lo productivo. Sin embargo, los sistemas productivos se desarrollan a una velocidad mucho mayor que la generación de información científica sobre el comportamiento ambiental de los plaguicidas aplicados en los cultivos. El grupo de investigación del CIMA, integradamente con otros equipos de investigación local, inició estudios sistemáticos a partir del año 2002, en el marco de un proyecto de investigación y desarrollo aprobado y financiado por la Agencia Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, titulado impacto de agroquímicos en cuencas del Bajo Paraná y Río de la Plata; proyecto disparador de diversas líneas de investigación relacionadas con la química ambiental y eco toxicología acuática y terrestre del herbicida glifosato e insecticidas convencionales utilizados en el control químico de plagas (Kremer, 2021). Debido a esto con la aprobación del uso de variedades transgénicas de soja en 1996, el volumen del glifosato empleado creció fuertemente en los mercados nacionales e internacionales, ya que el proceso de producción involucra tres pasos, en cada uno de los cuales operan determinados actores como se muestra a continuación:

Tabla 3.

Pasos Para la Producción del Glifosato

Paso	Producto Obtenido
Síntesis	P- Amida
Síntesis	Ácido glifosato 95%
Animación y Formulación	Glifosato (sal) 48%

Nota. Pasos para la producción que se lleva a cabo en los mercado nacionales e internacionales.

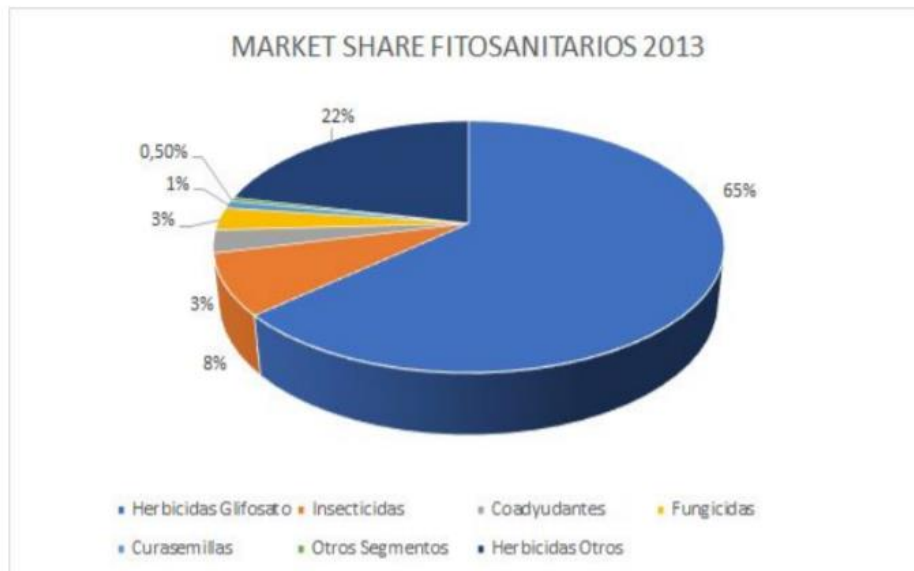
Se tiene previsto que el mercado mundial del glifosato alcance los USD 12.540 millones de dólares para el 2024. Con una tasa compuesta anual del 6.8% durante el periodo pronóstico desde el 2015-2024. Con el aumento del área de cultivos tolerantes a herbicidas y con más y más países que aprueban tecnologías de tolerancia a herbicidas para cultivos, se espera que el mercado crezca de manera inorgánica con una rápida adopción por parte de los agricultores y campesinos. Las preocupaciones con respecto a los peligros ambientales persisten en los mercados desarrollados, pero no se espera que el mercado se desacelere debido a la falta de disponibilidad de alternativas eficientes al glifosato. En el mercado colombiano hay 118 formulaciones del glifosato con registro aprobado por el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) ANLA y el INS. Aquellos productos finales con base en glifosato, la ANDI (Asociación Nacional de empresarios) destaca que son en su mayoría elaborados en Colombia, y se puede decir que abarcan casi el 85% de lo que se comercializa mientras que lo demás es importado. El ICA en 2017 destaca que se registraron 5.39 Millones de litros de glifosato de importación.

1.2.2 Cuota del mercado mundial fitosanitarios

El mercado mundial de los productos fitosanitarios presenta una cuota de mercado fragmentada donde productos a base de glifosato presentan una mayor cuota con un 65% de participación y un 22% para los herbicidas de distinta base química, los insecticidas representan un 6% de la cuota mundial.

Figura 4.

Market share Fitosanitario.



Nota. Mercado fitosanitario, reproducida de Argenbio, año 2013, de dominio publico Para el mercado colombiano, los mayores importadores de glifosato son China, Estados Unidos, Brasil y Panamá. China es el mayor productor de glifosato y representa el 30% de las exportaciones del químico. Tomado de. Porquebiotecnologia (2021). Los cultivos transgénicos en Argentina y en el mundohttps://www.porquebiotecnologia.com.ar/Cuadernos/El_Cuaderno_43.pdf

Figura 5.

Mercado Mundial. 2013



Nota. Mercado mundial, reproducida de Argenbio, año 2013, Tomado de. Porquebiotecnologia (2021). Los cultivos transgénicos en Argentina y en el mundohttps://www.porquebiotecnologia.com.ar/Cuadernos/El_Cuaderno_43.pdf

El glifosato es conocido por su alta solubilidad con el agua, por lo que puede entrar en sistemas acuáticos por esta razón fácilmente si se encuentran cerca del lugar de aspersión, se ha evidenciado contaminación de aguas a lo largo del tiempo, sin embargo, tiene una rápida desaparición de la superficie acuática. A diferencia que en los suelos su permanencia es mucho menor aproximadamente de 12 a 60 días. Por esto en la fabricación de productos a base de glifosato se deben tener en cuenta algunos aspectos a fin de obtener un producto adecuado. Se debe definir un medio de cultivo óptimo y el mejor sistema para la obtención masiva de inóculo que permita una buena relación costo-beneficio en la producción. Donde se debe escalar el proceso de producción desde un volumen pequeño, asegurando la estabilidad del producto y determinando las condiciones adecuadas de almacenamiento.

1.3 Estudio de caso

1.3.1 Situación en Colombia

En Colombia, el control de malezas es casi exclusivamente químico y uno de los pesticidas más utilizados es el glifosato. Luego de su aplicación, el camino del glifosato en el ambiente va a depender de su capacidad de interactuar con el medio natural. El suelo es uno de los principales responsables de la movilidad de este tipo de sustancias, ya que la mayoría de los procesos químicos y biológicos que determinan la retención y el transporte de los plaguicidas ocurren en la superficie del suelo. Estos procesos incluyen fenómenos de adsorción, degradación química, degradación biológica. El estudio de la interacción del glifosato con los componentes orgánicos e inorgánicos del suelo puede brindar información importante para predecir y comprender su comportamiento en el ambiente. Los constituyentes de la fase sólida del suelo tales como las arcillas y los óxidos de aluminio, hierro y manganeso, juegan un rol muy importante, aunque no se encuentren en grandes cantidades, tienen efectos significativos en los procesos de adsorción-desorción debido a su gran superficie específica y a su reactividad. El uso del herbicida glifosato no solo se ubica y hace referencia al contexto agrícola. Este compuesto químico también se ha utilizado bajo otros propósitos en la eliminación de plantas indeseadas. En Colombia, el uso de glifosato se ha extendido a la erradicación de cultivos ilícitos, debido al aumento en el sembrado de cultivos de coca que tuvo el país a mediados de 1995, y por la participación de grupos armados organizados

en este negocio ilegal, los gobiernos de Colombia y Estados Unidos implementaron un acuerdo bilateral en el año 2000 conocido como Plan Colombia.

1.3.2 Plan Colombia

El Plan Colombia es un acuerdo bilateral que fue suscrito entre los gobiernos de Colombia y Estados Unidos en 1999 durante las administraciones del presidente colombiano Andrés Pastrana y el estadounidense Bill Clinton con tres objetivos específicos: generar una revitalización social y económica, terminar el conflicto armado en Colombia y crear una estrategia antinarcóticos.

Este acuerdo Resultó ser una pantalla para cubrir la implantación de fuerzas armadas estadounidenses en Colombia ya que las operaciones militares fueron dirigidas desde Washington por el general Barry McCaffery, excomandante jefe de las fuerzas militares estadounidenses en América del Sur, y nombrado jefe de la lucha antidroga por Bill Clinton en enero de 1996.

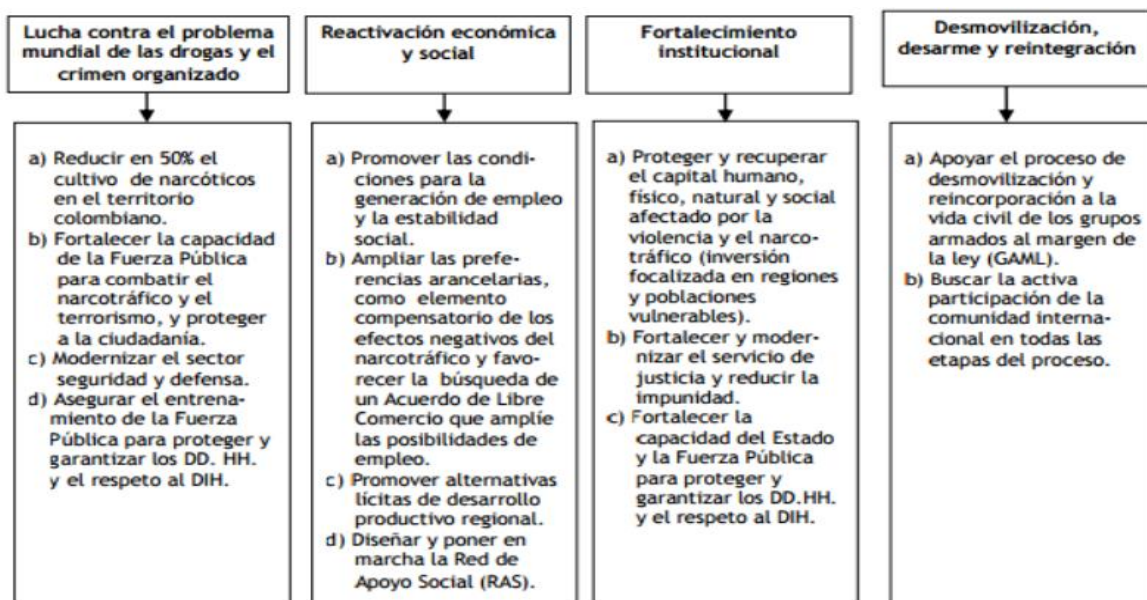
El general implementó el uso de paramilitares contra la guerrilla de las FARC-EP. El Plan Colombia se supone que es un plan de acciones concretas entre el gobierno de Estados Unidos y de Colombia para erradicar el problema de la droga. La prioridad que se le otorgó a la modernización del Ejército colombiano con el pretexto del combate a la droga muestra una gran inconformidad con el aumento de personas civiles y militares estadounidenses, en territorio colombiano quienes participan cada vez más en el combate.

Uno de los principales objetivos del Plan Colombia, fue desarrollar un programa antinarcóticos para reducir la producción de coca, y combatir el procesamiento y tráfico de drogas, la aspersión aérea con glifosato se estableció como la estrategia primordial para socavar la producción de coca. Toda esta situación despertó en Colombia un debate con respecto al cumplimiento del principio de precaución, ante las sospechas de que la fumigación con glifosato puede generar riesgos potenciales para la salud pública y el hábitat local. Por tal motivo la evidencia científica ha demostrado cómo el glifosato tiene efectos negativos sobre el medio ambiente y sobre las comunidades humanas, a pesar de esto, actualmente en el periodo de gobierno del presidente Iván Duque se discute en Colombia sobre autorizar el retorno de los programas de erradicación aérea con glifosato para hacer frente a la expansión de los cultivos ilícitos manejados por organizaciones criminales. Los procesos de adsorción están íntimamente relacionados con los sitios y suelos que

la superficie del mineral posee. De esta manera, hay una alta probabilidad de que, en un medio natural, bien sea en el campo o en la agricultura existan muchas sustancias compitiendo con glifosato por los mismos sitios de adsorción y así puedan modificar su movilidad en el ambiente. Por lo tanto, un punto muy importante a tener en cuenta es el estudio de las interacciones con los componentes del suelo, ya que es la influencia de las especies que cohabitan con glifosato en el ambiente y que pueden competir con él por los sitios de adsorción. Dentro de esas especies se encuentran los iones del tipo fosfato, naturalmente existentes en los suelos y en muchos casos en aumento por la aplicación excesiva de fertilizantes. Teniendo en cuenta esta realidad, es sumamente importante considerar, que además de la toxicidad propia del glifosato, sus posibles interacciones con otros pesticidas al momento de estudiar potenciales e impactos en las poblaciones de anfibios, se evaluara la toxicidad de las mezclas de pesticidas típicamente asociadas a los cultivos de soja constituye uno de los objetivos de este trabajo. Debido a esto se asocia este factor, junto con el estudio del impacto general que pueden llegar a tener sobre los anfibios adultos las varias aplicaciones de pesticidas y prácticas de manejo normalmente asociadas al cultivo de la soja.

Figura 6.

Objetivos del plan Colombia por componente.



Nota. Objetivos del plan Colombia, reproducido de Edllyber , año 1990, Tomado de Plan Colombia. (s.f.). Geopolítica colombiana . <https://es.slideshare.net/Edllyber/geopolitica-colombiana-3879286>

El plan antinarcóuticos y el paquete de ayuda ofrecido por EEUU, fue aprobado por el congreso de ese país en julio 13 del año 2000 asignando un total de 1300 millones de dólares. La Iniciativa Andina Antinarcóuticos –ACI (The Andean Counterdrug initiative), es el programa principal de los Estados Unidos junto con el programa de Financiación Militar Extranjera –FMF (The Foreign Military Financing), han sido las organizaciones encargadas de la financiación del Plan Colombia, esta financiación según el informe presentado por el servicio de investigación del congreso de los Estados Unidos, Colombia, recibió desde el año 2000 al año 2005 una financiación equivalente a los 2.8 billones de dólares, sumas que convirtieron a Colombia en uno de los países con mayor recepción de ayuda Estadounidense.

2.DESCRIPCIÓN LAS PRINCIPALES AFECTACIONES AMBIENTALES GENERADAS POR EL USO EXTENSIVO DEL PLAGUICIDA A PARTIR DE ESTUDIOS DE CASO A NIVEL REGIONAL

Se determinó que el glifosato puede ser arrastrado por la lluvia hasta el agua de las cequias, ríos y arroyos que se conoce como aguas superficiales, pero también pueden ser arrastrados por el suelo y las capas de roca hasta las fuentes de agua como los acuíferos, siendo esta la principal fuente de suministro de agua potable aunque las aguas superficiales pueden alimentar artificiales, de esta modo se ha declarado que el glifosato no es un problema importante en el agua ya que en ocasiones el glifosato no ha sido incluido entre los herbicidas que causen preocupación en los suministros de agua, esto se debe a que este herbicida se adhiere fuertemente a la mayoría de los suelos teniendo así un bajo potencial de desplazamiento por el suelo y contaminar las aguas subterráneas. Según estudios demuestran que el glifosato podría ser arrastrado por la lluvia a través de algunos tipos de suelo y llegar a los ríos, ya que los niveles del glifosato calzan alcanzan 31µg/litro y 4,7µg/litro. Por otro lado se ha detectado que se han generado residuos de glifosato en agua superficiales ya que estas tienen datos de control donde pueden ser estudiadas a través de muestras ya que en estas generalmente se encuentra este herbicida en un 29% del 100%, el restante son residuos de productos de descomposición del glifosato, estos resultados generalmente son protegidos por proyectos de control, por ende se enfatiza que la contaminación por glifosato de las aguas superficiales es importante para la vida silvestre. Pero también se detecta en gran parte residuos en niveles considerables que se utilizan como agua potable.

2.1 Impacto en el suelo

De acuerdo con la EPA y otras fuentes, (Nivia, 1998) el glifosato que llega al suelo es fuertemente adsorbido, aún en suelos con bajos contenidos de arcillas y materia orgánica. Por tal razón, aunque es altamente soluble en agua, se considera que es inmóvil o casi inmóvil, permaneciendo en las capas superiores del suelo, con bajo potencial de escorrentía, excepto cuando se adsorbe a material coloidal o partículas suspendidas en el agua de escorrentía. Se afirma que el glifosato puede ser fácilmente expulsado en algunas clases de suelo, o sea que se puede soltar de las partículas pudiendo ser muy móvil en el ambiente del suelo. En un suelo, el 80% del glifosato adicionado se

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

Figura 7.

Afectación Al Suelo Por Glifosato



Nota. Afectación al suelo por glifosato, reproducido del espectador, año 2020, Tomado de. El Espectador (01 de septiembre 2020) Análisis: Con el glifosato estamos envenenando el futuro (<https://www.elespectador.com/ambiente/analisis-con-el-glifosato-estamos-envenenando-el-futuro-article/>)

2.3 Impacto en el agua

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

Figura 8.

Descripción de la Escorrentía



Nota. Escorrentía del agua, reproducida de blgs.Syngenta, año 2017, Tomado de: syngenta (s.f).. escorrentia <https://blog.syngenta.es/escorrentia/>

2.4 Impacto en la cobertura vegetal

Por la contaminación en Colombia se puede observar una disminución en la biodiversidad y la microflora para la zona cafetera, ya que los herbicidas son compuestos que actúan específicamente, ya sea sobre malas hierbas de hojas anchas, o bien sobre gramíneas, algunos de sus componentes tiene efecto exterminador sobre todo tipo de arbustos y otras hierbas, como ocurre con el glifosato, ingrediente activo del Roundup, por ende los agricultores no hacen una adecuada rotación de los componentes químicos debido a ellos pueden estar facilitando la parición de microbios puesto que el ingrediente activo es el glifosato, por ende los procesos aseguran la persistencia de especies mas contaminantes afectando de manera extensiva los cultivos y se pueden apreciar en diferentes niveles o por categorías, en cuanto a la formación de razas, en la clasificación de los cultivos y en la diferenciación de nuevas especies.

Figura 9.

Signos De Glifosato En Hojas



Nota. Así afecta el glifosato las hojas, reproducida de Google/imagen, año 2021,
Tomado de: alamy. (s.f) glifosato. (<https://www.alamy.es/imagenes/glifosato.html>)

2.5 estudio de caso

2.5.1 Afectación Ambiental

La competencia Glifosato – Fosfato en Superficie de Minerales. Estudio por ATR – FTIR.

El estudio de la interacción del glifosato con los componentes orgánicos e inorgánicos del suelo puede dar información importante para predecir y comprender su comportamiento en el ambiente. Los constituyentes de la fase sólida del suelo tales como las arcillas y los óxidos de aluminio, hierro y manganeso, juegan un papel importante. Aunque no se encuentren en grandes cantidades, tienen efectos significativos en los procesos de adsorción desorción debido a su gran superficie específica y a su reactividad.

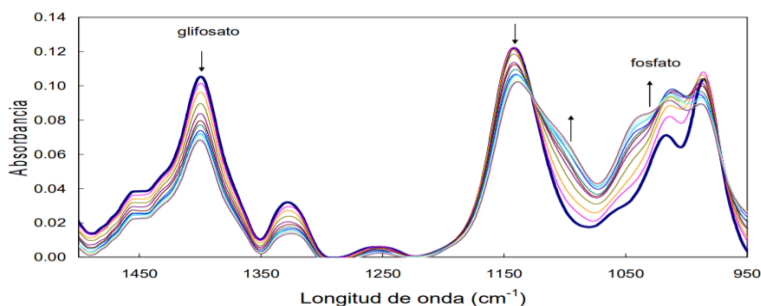
Los procesos de adsorción están estrechamente relacionados con los sitios que la superficie del mineral posee. De esta manera, hay una alta probabilidad de que en un medio natural existan muchas sustancias compitiendo con glifosato por los mismos sitios de adsorción y así poder modificar su movilidad en el ambiente. Por lo tanto, un punto muy importante a considerar en el

estudio de las interacciones con los componentes del suelo es la influencia de las especies que cohabitan con glifosato en el ambiente y que pueden competir con él por los sitios de adsorción. Dentro de esas especies se encuentran los iones del tipo fosfato, naturalmente existentes en los suelos y en muchos casos en aumento por la aplicación excesiva de fertilizantes. Se presenta el estudio de caso de cómo el fósforo, como ion fosfato, afecta la adsorción de glifosato sobre la superficie de goethita sintética, usada como modelo del mineral goethita presente en suelos. Esto se determinó por medio de espectroscopia ATR-FTIR.

Con el estudio de la espectroscopía ATR-FTIR se permite registrar “in situ” cómo varía la cantidad de glifosato adsorbido a medida que transcurre el tiempo y además tiene la ventaja de permitir identificar a las especies adsorbidas sobre la superficie del sólido. De esta manera, también hace posible registrar cuando el glifosato es expulsado por la presencia de iones fosfato. Se realizaron estos estudios a pH = 4,5; 6 y 8. En la ilustración 5 se muestra la información que brindan los espectros de ATR-FTIR. Por tal motivo cuando se adiciona una solución de fosfato al glifosato adsorbido sobre goethita a pH: 4,5. En esta ilustración se puede observar cómo una vez agregada la solución de fosfato, las bandas que corresponden al adsorbido van disminuyendo a medida que transcurre el tiempo (flechas hacia abajo en la ilustración (5) comienza a observarse el aumento de las bandas correspondientes al fosfato adsorbido (flechas hacia arriba en la ilustración 5), haciendo referencia a que una especie va desplazando a la otra de sus sitios de adsorción.

Figura 10.

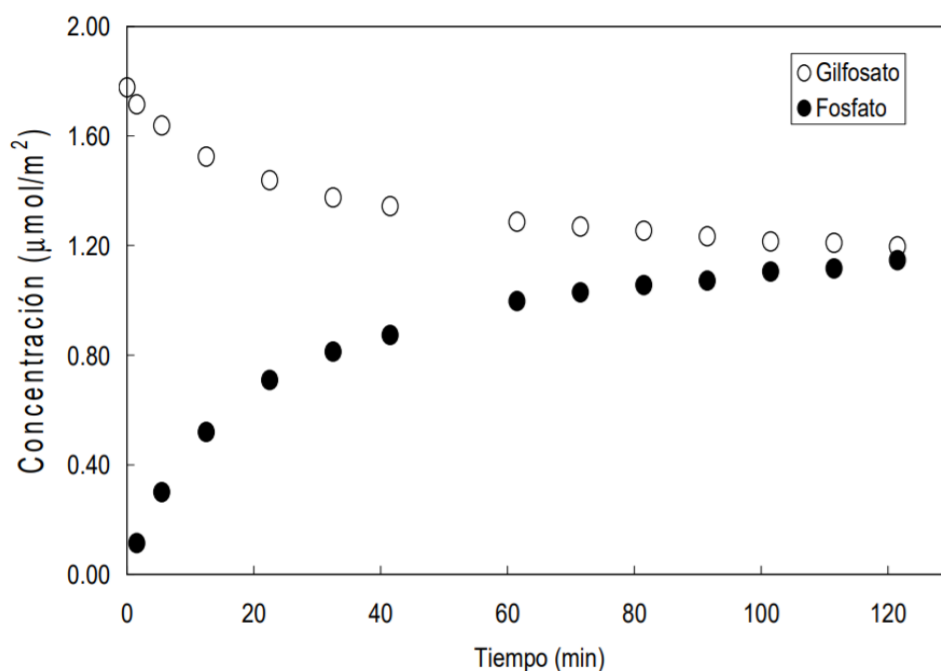
Espectros ATR-FTIR de glifosato y fosfato adsorbidos sobre goethita.



Nota. Análisis sobre la Absorción del glifosato y fosfato, ATR-FTIR, año 2016, tomado de :
sidal(s.f.) dinamica-glifosato <http://sidal.cl/assets/dinamica-glifosato-en-el-suelo-inia-uruguay.pdf>

Figura 11.

Desorción de glifosato en goethita debido a la adsorción de fosfato a medida que transcurre el tiempo. pH=4,5



Nota. Medida de absorción del glifosato a través del tiempo, reproducido de Sidal.cl, año 2016, tomado de : sidal(s.f.) dinamica-glifosato <http://sidal.cl/assets/dinamica-glifosato-en-el-suelo-inia-uruguay.pdf>

Como puede observarse el fosfato desplaza al glifosato adsorbido durante las 2 horas del ensayo. Esta competencia es seguramente debida a la similitud en las estructuras químicas de ambas especies, que hace que compitan por los mismos sitios de adsorción. El desplazamiento ocurre a los tres pH estudiados. Estos minerales de hierro son muy reactivos, y aunque se encuentren en poca proporción en el suelo pueden ser responsables de este tipo del comportamiento del glifosato en el ambiente. Por tal motivos los resultados sugieren que en sistemas naturales una vez que el glifosato ha sido inmovilizado por adsorción en lo componentes inorgánicos del suelo, la fertilización con especies fosforadas podría ser responsable de que el herbicida retorne a la solución del suelo pudiendo facilitar su transporte en el ambiente.

2.6 Caso de estudio 2

2.6.1 *Análisis de residuos de glifosato en muestras ambientales y alimentos*

En este caso se muestran estudios realizados por el Grupo de Medioambiente del INTEC (UNL-CONICET) sobre residuos de glifosato durante el período 1997-2008. Se da a conocer la detección y cuantificación de residuos se realizó en todos los casos por HPLC con derivatización pos-columna., utilizando un cromatógrafo Waters TM 600 con detector de fluorescencia (470: λ_{Ex} 339 nm; λ_{Em} 445 nm), columna de Exclusión Iónica a 55°C de temperatura y ácido fosfórico al 0,5% como fase móvil. Como solución oxidante se utilizó una mezcla de fosfato monobásico de Potasio, Cloruro de Sodio, Hidróxido de Sodio e Hipoclorito de calcio, siendo el complejo oftaldehído-2-mercaptoetanol el reactivo de derivatización (técnica utilizada en química que consiste en transformar un compuesto químico en un producto que posee una estructura química). La temperatura de reacción fue 38°C. Para ello se debe tener en cuenta que el glifosato es muy difícil de analizar, ya que es inactivo en detección U.V (excepto en muy altas concentraciones), siendo necesaria la derivatización de la molécula para detección.

El glifosato es considerado como de rápida degradación en suelos y aguas por los microorganismos y con alta capacidad para adsorberse a las partículas de suelo. Sin embargo, se detecta una cierta capacidad de desorción en suelos de la zona, lo que permitiría, lixiviar a través del suelo con la contaminación de estos. En la tabla 1 se observan los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados en laboratorio con el empleo de glifosato puro y con glifosato comercial.

Tabla 4.

Cuadro Comparativo de la adsorción del glifosato (ácido) y un producto comercial (sal de isopropilamonio)

Suelos	Kd	Kf
Argiudol Típico99%	6,87	24,63
Argiudol TípicoProd.Com.	57,00	23,00
Argiudol Acuico 99%	9,66	13,83
Argiudol Acuico Prod. Com.	41,74	17,55

Nota. Cuadro comparativo de absorción del glifosato como producto comercial tomado de: tomado de : sidal(s.f.) dinamica-glifosato (<http://sidal.cl/assets/dinamica-glifosato-en-el-suelo-inia-uruguay.pdf>)

Por lo anterior se puede inferir que los estudios de desorción y movilidad de glifosato en suelo la información es menor y con mayores controversias que en el caso de adsorción. Los resultados obtenidos a partir de las experiencias indicaron desorciones promedias entre el 51 y el 69% utilizando el producto puro y el comercial. Como se puede observar en los resultados indican los porcentajes relevantes de glifosato expulsado. Por ende, se infiere que esta información es importante ya que, se tiene que tener en cuenta que, si el glifosato es lixiviado a horizontes inferiores, existiría menos posibilidad de que sea degradado en condiciones anaeróbicas y aumentaría el peligro de contaminación en las zonas rurales y donde se encuentran ubicados los cultivos relacionados con todo tipo de agricultura.

2.7Caso de estudio 3

2.7.1Transporte de glifosato en el perfil de un suelo del sudeste bonaerense

El glifosato es uno de los herbicidas más utilizados en el mundo, su riesgo de lixiviación es considerado muy bajo, principalmente porque varios estudios han demostrado que este herbicida es biodegradable y fuertemente adsorbido en suelos superficiales. Por otra parte, la (S & Marzio, 2009) USEPA (1993) ha informado que los valores de Kd de glifosato oscilan entre 62 y 175 L kg-1. En una revisión de Geisy et al. (2000), los valores de tiempo de disipación de glifosato son

reportados para una variedad de tipos de suelo. Los valores con medidas obtenidas en el laboratorio son inferiores a 60 días, mientras que los generados por la disipación en estudios de campo están en el rango de 1 y 197 respectivamente.

Los estudios de transporte de glifosato demuestran que el riesgo de lixiviación en el suelo es bajo, si bien los datos generados son muy importantes, porque proporcionan muy poca información sobre la variabilidad inherente de los parámetros del suelo que afectan a la lixiviación en la escala de campo y también en la escala de la agricultura. Esto es muy importante para los suelos estructurados, donde el flujo preferencial puede tener un impacto importante en la lixiviación. Por ello, diversos estudios de campo sugieren que el transporte preferencial de varios plaguicidas ocurre a una profundidad de 1 m.

Los estudios de campo actualmente son muy pocos, debido a su alta complejidad. En Argentina se produjo una importante intensificación de la agricultura que mejoró la rentabilidad de los sistemas de producción. Esta intensificación fue acompañada por la adopción de la siembra directa y el reemplazo de la energía mecánica por la energía química para el control de malezas. En el mercado nacional, el 62% del total de plaguicidas corresponde a los herbicidas y dentro de este grupo, el glifosato solo representa el 42% de ese mercado, expresado en millones de dólares para el año 2009. El objetivo principal es estudiar el transporte vertical de glifosato y bromuro, utilizado como trazador, en el perfil del suelo.

2.7.2 Caracterización del suelo

El perfil de suelo tiene una profundidad que supera los 70 cm, los horizontes principales son franco y franco arcilloso (Tabla 5). Además, este suelo posee un horizonte superficial de 30 cm de espesor, rico en carbono orgánico.

Tabla 5.

Información sobre el Espesor de cada sustancia

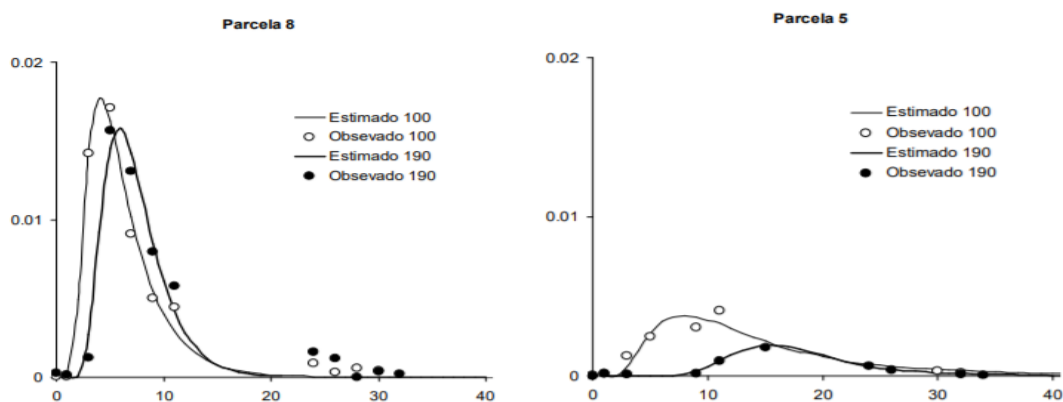
Hz	Espesor	As	Li	Ar	CO	δa	ϕ	K(-30)
	cm	%			g kg ⁻¹	Mg m ⁻³	%	mm h ⁻¹
A	0-30	28	46	27	38	1.15	57	18.7
B	30-70	33	40	27	15	1.27	52	16.6
C	+ 70	26	45	28	5	1.35	49	26.8

Nota. Espesor, reproducido de Scielo.conicyt.cl, año 2010. Tomado de. . María C. Sasal(1), Adrián E. Andriulo(2), Marcelo G. Wilson(1), Silvina I. Portela(2) (2010) Pérdidas de Glifosato por Drenaje y Escurrimiento en Molisoles bajo Siembra Directa Información Tecnológica 21(5), 135-142https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642010000500017

Tabla 5. Espesor, contenido de arcilla, limo y arena, contenido de carbono orgánico (CO), densidad aparente (δa), porosidad (ϕ) y conductividad hidráulica (K30) para los principales horizontes del suelo estudiado. Como se puede observar el es agua útil y se puede almacenar en el primer metro de profundidad es aproximadamente 160 mm y la densidad aparente (δa), porosidad (ϕ) muestran buena capacidad de aireación y circulación de agua. Curvas de paso del glifosato y BR:

Figura 12

. Valores Observados Y Estimados Correspondientes A Las Profundidades De 100 Y 190 Cm.

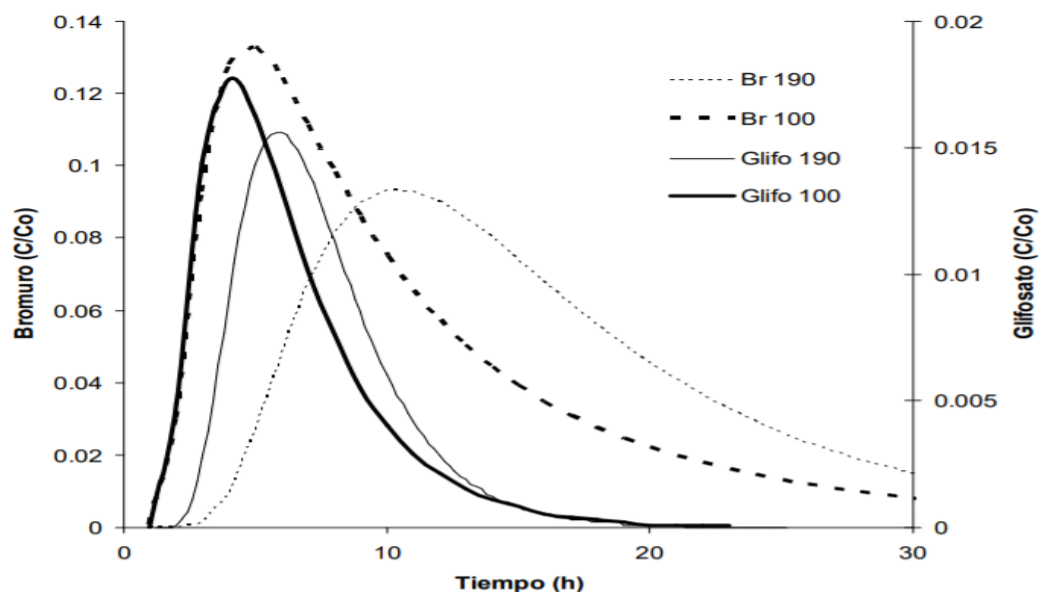


Nota. Datos tomados correspondientes a las profundidades de 100 y 190 Cm, reproducida de Scielo.Conicyt.cl, año 2010, Tomado de. . María C. Sasal(1), Adrián E. Andriulo(2), Marcelo G. Wilson(1), Silvina I. Portela(2) (2010) Pérdidas de Glifosato por Drenaje y Escurrimiento en Molisoles bajo Siembra Directa Información Tecnológica 21(5), 135-142https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642010000500017

Al comparar las curvas de paso de glifosato y Br como se observa en la imagen, se puede inferir que los picos de concentración de ambos son muy cercanos, ya que no se observa la existencia de algún factor de retardo. Por tal motivo se comprobó al estimar la curva de paso, dado que el factor R calculado para ambos da uno. Esto indica que existe retención para glifosato al ser transportado, por ello es probable que cuando se inyectó el pulso de glifosato, se baje el flujo constante y estando el suelo ya saturado, todo el transporte se haya producido bajo flujo preferencial. El agua que ingresa en el momento de aplicación del pulso de glifosato sólo está en contacto con los macroporos. Por ende, el glifosato que estaba diluido en ese pulso tiene contacto con la superficie muy pequeña del suelo por lo que su absorción fue baja. En conclusión, se apoyaría la hipótesis de que en suelos estructurados con alta proporción de macroporos y cuando el suelo se encuentra cercano a saturación el glifosato es transportado básicamente por el agua móvil.

Figura 13.

Valores de concentración relativa de Glifosato y Br-, estimados, para las profundidades de 100 y 190 cm.



Nota. Valores de concentración relativas entre los dos compuestos, reproducida de Scielo.Conicyt.cl, año 2010. Tomado de. . María C. Sasal(1), Adrián E. Andriulo(2), Marcelo G. Wilson(1), Silvina I. Portela(2) (2010) Pérdidas de Glifosato por Drenaje y Escorrimento en Molisoles bajo Siembra Directa Información Tecnológica 21(5), 135-142 https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642010000500017

Tabla 6.

Concentración Máxima Y Masa De Glifosato Que Pasaron Las Profundidades De 100, 150 Y 190 Cm Cuando Se Aplicó El Equivalente A 8 L De Producto Comercial Y Se Regó Con Un Flujo Constante De 11 Mm H-1 De Agua.

Profundidad	Concentración	Glifosato
cm	g l ⁻¹	g ha ⁻¹
100	211	39
150	245	41
190	155	36

Nota. Valores y cantidades de producto, con relación a 8 Lts de producto comercial, reproducida de Scielo.Conicyt.cl, año 2010. Tomado de. . María C. Sasal(1), Adrián E. Andriulo(2), Marcelo G. Wilson(1), Silvina I. Portela(2) (2010) Pérdidas de Glifosato por Drenaje y Escurrimiento en Molísoles bajo Siembra Directa Información Tecnológica 21(5), 135-142https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642010000500017

Como se puede observar en los resultados obtenidos permiten establecer que el glifosato se lixivió a través del perfil de un suelo estructurado, de bajo flujo saturado y constante, lo cual representaría un riesgo potencial de contaminación del agua subterránea, afectando así los acuíferos y el medio ambiente.

3. ESTABLECER LAS CONDICIONES DE PERSISTENCIA Y TOXICIDAD DEL PLAGUICIDA SEGÚN EL CONVENIO DE ESTOCOLMO

El convenio de Estocolmo habla sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, que entró en vigor en el 2004, tiene como objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente de Contaminantes Orgánicos Persistentes. El convenio requiere que las Partes tomen medidas para eliminar o reducir la producción, utilización, importación, exportación y emisión al medio ambiente de contaminantes orgánicos persistentes incluye disposiciones en cuanto al acceso a la información, la sensibilización y formación del público y la participación en el desarrollo de planes de aplicación. (Tobergte & Curtis, 2013).

A partir de la firma del convenio de Estocolmo, el estado colombiano sigue avanzando en el logro de los objetivos de prevención, reducción y eliminación de estas sustancias. Es así como se han desarrollado una serie de actividades que han permitido conocer y analizar la dicha situación.

Figura 14.

Convenio de Estocolmo



Nota. Convenio de Estocolmo, reproducida de Google/images, año 2021, tomado de: Naciones Unidas (s.f.) Convenio Estocolmo <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convenio-estocolmo-contaminantes-organicos-persistentes>

El glifosato es un herbicida simple, no selectivo, de amplio espectro por ellos toda planta que reciba por lo menos un 20% de este compuesto es controlada, de naturaleza emergente con actividad sistémica en las plantas.

En cuanto a la toxicidad y su persistencia su formulación es concentrada de la sal isopropilamina de glifosato a unas concentraciones variables, con agua como solvente, y adicionado de una sustancia tensoactiva que permite su dispersión uniforme tanto en las mezclas para su aplicación como en las plantas para su riego y mantenimiento según sea lo requerido.

Persistencia y Tiempo de vida media en diferentes tipos de suelo: El glifosato tiene una moderada persistencia con una vida media típica, que hace referencia al tiempo requerido para la desaparición de la mitad de la cantidad inicial de una sustancia en un medio determinado tardando 47 días aproximadamente. Todos los cultivos pueden ser sembrados o trasplantados inmediatamente después de su aplicación. Se debe tener en cuenta que, para los estudios de laboratorio, la vida media típica se observa alrededor de 25 días.

Persistencia de partículas de glifosato en fuentes contaminadas de agua: El proceso de adsorción de las partículas de glifosato en el suelo es un comportamiento propio del grupo de los plaguicidas que no poseen características químicas pero que les permite llegar a contaminar las fuentes de agua superficiales o subterráneas, lo cual es poco probable que ocurra de forma natural. Por lo anterior se puede explorar y encontrar información sobre la detección de partículas de glifosato que en ocasiones se encuentra en algunos depósitos de agua allí son arrastrados por el proceso de escorrentía (agua de lluvia que circula libremente por la superficie de un terreno) o por la derivación de partículas provenientes de tratamientos cercanos de control de malezas efectuados con equipos de aplicación terrestre o aérea. El estudio de la persistencia de partículas del producto en el agua demuestra que hay una duración de 12 a 60 días, donde se da a conocer la persistencia de las partículas del herbicida donde dándose un alto porcentaje en los sedimentos de las fuentes contaminadas de agua. Por otro lado, se puede inferir que los residuos del glifosato en el agua dependen del pH, la temperatura y la presencia de microorganismos, ya que en la mayoría de los ambientes acuáticos tropicales pueden estar contaminado por el herbicida glifosato siendo proveniente de aplicaciones, deben poseer las condiciones ideales para facilitar el proceso de rápida degradación y metabolización, sin esperar que los residuos se acumulen en los tejidos de

los peces. Se debe tener en cuenta, que en los sistemas de control de malezas acuáticas, incluyendo el uso de herbicidas químicos, facilita la destrucción de algunos organismos del grupo de los macroinvertebrados.

Regulación y toxicidad: Se considera al glifosato como de toxicidad agua dérmica y oral relativamente baja los químicos de clase I, son los de mayor toxicidad en la escala del I al IV. Dentro de este marco cabe resaltar que se considera al glifosato como un herbicida IV de toxicidad, ligeramente toxico. En efectos a la salud por exposición se clasifica como ligeramente irritante dérmico y oral, severo de los ojos, Mientras que en exposición crónica no se han encontrado efectos en la salud en los estudios realizados en animales. En cuanto al medio ambiente se hace referencia a que el glifosato es ligeramente toxico a aves y ligeramente persistente, lo cual varia por ende el glifosato fue metabolizado en suelos húmedos no estériles con un tiempo de vida media de 30 a 40 días, además está demostrado científicamente que la presencia de residuos de glifosato después de su aplicación en alimentos tales como fresas, arándanos, cereales, frambuesas, lechugas, zanahorias y cebada, se ha evidenciado la translocación de glifosato hacia fresas, así como efectos adversos sobre la fotosíntesis y la producción de biomasa, en la primera y segunda generación de cultivos de soya,

Toxicidad en el suelo: El glifosato tiene la capacidad de translocarse del tejido vegetal hacia el suelo e incrementa la persistencia de dos a seis veces en los que puede existir restos de plantas a los que previamente se aplica el herbicida, una vez el suelo puede Re movilizarse por competencia con el fosforo, lo cual puede representar una ruta de transferencia adicional del herbicida hacia las plantas no consideradas, esto esta fuertemente ligado por las características del suelo como potencial de fijación de fosforo, contenido de hierros disponible para la planta, pH y capacidad de intercambio catiónico, contenido de arena y materia orgánica del suelo.

Toxicidad en ecosistemas acuáticos: El uso de herbicida basados en glifosato como el roundup, afecta la calidad del agua y a organismos no considerados, modificando con esto la estructura y funcionalidad de ecosistemas acuáticos. Estas afectaciones incluyen indirectamente el retardo en el crecimiento de organismos como algas y peces, inhibiendo el proceso de un optimo desarrollo corporal, presentando así cambios histopatológicos en branquias como la proliferación de células

filamentosas, vacuolacion de hepatocitos y picnosis nuclear en hígado y en el riñón presentándose así una dilatación del espacio Bowman y acumulación de gotas de hialina en las células del epitelio tubular de tilapia, alteraciones de parámetros enzimáticos como acetilcolinesterasa y gutación .

Toxicidad en animales: En este aspecto se evalúa la distribución en los tejidos, la identificación y cuantificación de glifosato en ratas, luego de una dosis oral única de 10 mg kg y se encuentra que aproximadamente el 35- 40 % de la dosis administrada se absorbe en el tracto gastrointestinal y se elimina por la orina y las heces. Los perfiles metabólicos de los tejidos indican que aproximadamente el 100% de la carga corporal se presenta como compuesto sin metabolizar componente menos a 0.1% de la dosis administrada. Por consiguiente se puede concluir que el glifosato no se metaboliza a otros compuestos tóxicos, ya que hay muy poca evidencia de metabolismo y prácticamente el 100% de la carga corporal es de compuesto original y sin persistencia significativa, por otra parte se puede inferir que el glifosato cambia significativamente en el desarrollo de la pubertad de los animales en forma dependiente de la dosis que se les haya suministrado; reduciendo así la producción de testosterona y disminuyendo notoriamente el espesor de los conductos, por tal razón se sugiere que la formulación comercial de glifosato sea un potente disruptor endocrino, por otro lado se determinó que la formulación comercial de glifosato induce efectos reproductivos en las ratas macho ya que hay una disminución, en el numero de espermatozoides durante la etapa adulta, y un incremento en el porcentaje de espermatozoides anormales disminuyendo los niveles de testosterona.

Toxicidad en humanos: Por medio de diferentes estudios se ha demostrado que el glifosato es nocivo para el organismo humano, ya que causa toxicidad en células humanas, placentarias actuando como un disruptor endocrino en la actividad de la aromatasa, pudiendo así alterar la estructura del ADN en otro tipo de células como las de los mamíferos, roundup puede provocar toxicidad in vivo en células humanas, así como provocar muerte celular en el hígado en humanos y otros mamíferos bajo las condiciones esperadas de uso. Los estudios sobre el glifosato y daños genéticos demuestran que el problema de las aspersiones aéreas con glifosato se ha agudizado en la zona de la frontera con Colombia; observándose un cambio en el estándar de la salud de la población, los habitantes de la zona incrementan los problemas de respiración, gastrointestinales, alérgicos, dermatológicos, neurológicos y psicológicos. En un estudio de laboratorio que se realizo para evaluar el daño del material genético de los individuos expuestos en las zonas de la

agricultura, se encontró que todos presentaban fragmentación o quiebre del material genético, que está relacionado con alteraciones de genes que pueden inactivarse, perderse o transponerse en otros sitios. Alterando su función y relacionándose a mutaciones involucradas con el desarrollo de cáncer e incremento de abortos. La mayoría de los individuos reparan el daño al ADN mediante mecanismos propios de la célula, sin embargo, los grupos crónicamente expuestos, como el caso de las personas que habitan en el campo y reciben aspersiones no logran reparar el daño. Por ende, existe una controversia sobre el efecto de glifosato en la salud humana, mientras algunos estudios afirman que no hay riesgo asociado concluyente a la exposición específica. Se puede dar a conocer como el surfactante conocido como POEA el cual puede estar contenido a una proporción cercana al 15% afectando el nivel toxicológico de las formulaciones que ya de acuerdo a varios estudios científicos, POEA puede causar daño gastrointestinal, dificultad para respirar afectar al sistema nervioso central y destruir eritrocitos en sangre humana. Estos estudios establecen que el compuesto puede contener una impureza identificada como dioxano la que se ha probado capacidad carcinogénica en animales, provocando así daño al hígado y riñones en humanos

Factores que Regulan la Acción Herbicida: La capacidad herbicida y la persistencia del glifosato dependen de los factores del medio ecológico bajo el cual se haga uso de las diferentes propiedades y aunque, la temperatura, la concentración de iones H, las condiciones que favorecen el proceso de adsorción son de gran importancia, aunque no de tanta relevancia como lo es la actividad enzimática de los microorganismos del suelo, también se pueden encontrar factores, de acción directa o indirecta de importancia no despreciable, incluidos en la siguiente lista:

- Variabilidad relacionada con las diferencias en absorción y traslocación
- Es dependiente de la rapidez de la absorción, desde las hojas del floema.
- Es dependiente de la rapidez de traslocación desde las raíces a los bulbos en las especies botánicas que los posean.
- Rapidez en la acción antes del proceso de inactivación y metabolismo de la molécula parental.
- Magnitud de la dosis de aplicación
- Estado de desarrollo fisiológico de la planta que se desea eliminar.
- Concentración de los iones H de la solución
- Alta humedad facilita la absorción

- Horas después de la aplicación de traslocación a partes subterráneas es nula o poco significativa.
- La luz día tiene efecto acelerante sobre la acción del herbicida

Se llegó a la conclusión que el glifosato tiene características bajas de persistencia, potencial de bioacumulación y toxicidad sobre organismos que han llevado al uso masivo y generalizado de este herbicida, tanto en sistemas productivos como en otros usos a nivel mundial. Se puede inferir que el principio activo del glifosato ha mostrado baja toxicidad para los organismos acuáticos sin embargo se debe tener en cuenta la evaluación de efectos biológicos de la formulación de este químico, realizando pruebas en el laboratorio e incrementando las experiencias en el campo zona de agricultura. Para ello se sugiere realizar una evaluación constante donde se enfatice en los potenciales nocivos que afectan la salud y el medio ambiente. Por otro lado, se han demostrado evidencias de impactos de formulaciones de glifosato sobre organismos acuáticos y en una pequeña proporción asociados en el principio activos a las exposiciones. Debido a esto los efectos del glifosato en organismos terrestres, permiten, darse cuenta de que la toxicidad del herbicida varía según se encuentre como está formado por el principio activo, de la especie evaluada y del estado de desarrollo de los organismos, de esta manera se concluye que la toxicidad se manifiesta en casos muy letales.

4.POLÍTICA AMBIENTAL

Constitución Política de Colombia (1991): Conservación del Medio Ambiente. Artículos 78, 79, 80, 81, 87, 277, 332.

Ley 9 de 1979: Por la cual se dictan medidas sanitarias y de protección al medio ambiente.

Ley 30 de 1986: Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Estupefacientes y se dictan otras disposiciones. El Consejo Nacional de Estupefacientes, en ejercicio de sus atribuciones legales, en especial, la conferida mediante el artículo 91, literal g) de la Ley 30 de 1986 relacionada con la destrucción de los cultivos de marihuana, coca y demás plantaciones de las cuales se puedan extraer sustancias que produzcan dependencia, y teniendo en cuenta una serie de consideraciones tanto de índole social, económica, legal, de salud, ambiental y orden público, ha expedido diferentes Resoluciones

Que regulan el programa de erradicación de cultivos ilícitos en Colombia.

Resolución 001 de febrero de 1994: Mediante la cual se resolvió extender y precisar las autorizaciones concedidas para la destrucción y erradicación de cultivos ilícitos en el país, a través de los medios idóneos prescritos para tal fin.

Resolución 005 de agosto de 2000. Modifica y amplía la resolución 001/94, establece procedimientos para la erradicación, define la auditoria técnica y determina la creación del Comité Técnico Interinstitucional, como órgano asesor para el desarrollo del Programa de Erradicación de Cultivos.

Resolución 017 de octubre 4 de 2001. Por la cual se adopta un procedimiento para la atención de quejas derivadas de los presuntos daños causados por la aspersión aérea con el herbicida glifosato dentro del marco Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos.

Resolución 013 de junio 27 de 2003. Por la cual se revocan las Resoluciones números 0001 del 11 de febrero de 1994 y 0005 del 11 de agosto de 2000 y se adopta un nuevo procedimiento para el Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos.

Resolución 031 de septiembre 26 de 2003. Por la cual se modifica el artículo 5° de la Resolución número 0013 del 27 de junio de 2003 mediante la cual se adopta un nuevo procedimiento para el Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos.

Resolución 008 de marzo 2 de 2007. Por la cual se modifica la Resolución número 0017 del 04 de octubre de 2001 que establece un procedimiento para la atención de quejas derivadas de los presuntos daños causados por la aspersión aérea con el herbicida glifosato, dentro del marco del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos.

5.CONCLUSIONES

Con respecto al proceso de producción del herbicida glifosato, se puede inferir que hay una alta cantidad de residuos dañinos para el medio ambiente; por un lado, están las aguas residuales, que tiene un alto porcentaje de agentes contaminantes como las sales, hidróxido de sodio, dimetil pirazol fosfato y glicina, por otro lado, están los residuos peligrosos, están en estado gaseoso y compuestos en su mayoría por cloro metano, que es considerado un contaminante peligroso pues si bien se puede analizar los niveles de concentración son suficientemente altos.

Debido a esto es recomendable realizar un proceso de tratamiento para las aguas residuales que logre eliminar eficazmente los agentes contaminantes presentes y una trampa de gases para mitigar la emisión directa a la atmósfera.

En base a la revisión realizada sobre el tema se puede concluir que los herbicidas con glifosato como ingrediente activo, son potencialmente causante de daños toxicológicos y ambientales. En los sistemas acuáticos pueden provocar retardo en el crecimiento de organismos como algas y peces, cambios de especie patológica, generando así alteraciones en los parámetros enzimáticos, disminución de la actividad sexual y cambios bioquímicos. Con respecto al cuerpo humano puede causar toxicidad en las células placentarias y del hígado, generando afecciones respiratorias, gastrointestinales, dermatológicas y neurológicas, así como fragmentación del material genético.

Cuando a una sustancia tan ampliamente utilizada como el glifosato, considerada de baja toxicidad se estudia a fondo con nuevas técnicas y equipos modernos, las características que hacen observar si vale la pena el aplicar una molécula que pueda causar una serie de perjuicios que aun son desconocidos. Este componente es una sustancia que por sus características fisicoquímicas resulta altamente contaminante para todo tipo de aguas]; es una sustancia que no se degrada en el interior de ninguna planta por lo que desde ese momento ingresa y contamina la cadena alimenticia humana. Los grandes agricultores y exportadores de granos lo utilizan como desecante, por lo que en muchos países los consumidores de alimentos inevitablemente están expuestos al herbicida, aunque nunca hayan visto una aplicación en el campo.

Es el herbicida de mayor uso en el mundo y no solamente se usa en los cultivos, también en zonas no agrícolas, bordes de carreteras, oleoductos y en parques de recreo que son zonas urbanas por lo que la exposición a los habitantes de las ciudades también es un hecho. Los trabajadores agrícolas son los que están en la primera línea de exposición y no por el hecho de practicar la agricultura orgánica los exime de tener residuos de glifosato en el cuerpo. En los campos agrícolas, la naturaleza está reaccionando a las constantes aplicaciones de glifosato sobre las poblaciones de plantas, ya que cada día se suman biotipos de plantas a lista negra de malezas resistentes a herbicida, por lo que no solamente las certificaciones de mercado, las restricciones o prohibiciones del glifosato y los juicios legales contra sus fabricantes, harán que esta molécula presente ausencia en los paquetes tecnológicos con los que intenta mantener una agricultura insostenible, que no respeta la salud de las personas ni el equilibrio natural del entorno.

BIBLIOGRAFÍA

- Agro-biotecnol, A. (2015). Los cultivos transgénicos en Argentina y en el mundo . Datos estadísticos de adopción de cultivos GM. *Revista, PQBIO* (43), 2–4.
https://www.porquebiotecnologia.com.ar/Cuadernos/El_Cuaderno_43.pdf
- Agronegocios. (2016). *El glifosato y su uso agrícola*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-glifosato-y-su-uso-agricola-2621485>
- Agropecuário, (2, febrero, 2012). El correcto uso del Glifosato.
https://www.planagropecuário.org.uy /publicaciones/revista/R97/R97_39.htm.
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, (14 Abril 2021). Plan de Manejo Ambiental del programa de erradicación de cultivos ilícitos mediante aspersión aérea con el herbicida Glifosato - PECIG". Autoridad nacional de licencias ambientales
<https://www.anla.gov.co/proyectos-anla/154-proyectos-de-evolucion/175-plan-de-manejo-ambiental-del-programa-de-erradicacion-de-cultivos-ilicitos-mediante-aspersion-aerea-con-el-herbicida-glifosato-pecig>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2000) Identificación del herbicida glifosato propiedades y toxicidad. [Archivo en pdf].
http://www.mamacoca.org/docs_de_base/Fumigas/glifosato_DNE.pdf
- Bórtoli, P. V.; Verdenelli, R. A. ; Conforto, C.; Vargas Gil, S. ; Meriles, J.M. (2012). Efectos del herbicida glifosato sobre la estructura y funcionamiento de comunidades microbianas de dos suelos de plantaciones de olivo. *Revista: Ecología Austral*.
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/21259>
- Burger, F. (2004). Exposición al herbicida glifosato: aspectos clínicos toxicológicos. *Revista Médica del Uruguay*, (20), 202 - 207.

- C. Granja (09 junio de 1994). Toxicología del glifosato [Archivo en PDF]. http://www.mamacoca.org/docs_de_base/Fumigas/toxicologia_glifosato%20DNe.pdf
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (15 Abril de 2019). Monografía sobre el glifosato. Cibiogen. [Archivo en pdf]https://conacyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/MONOGRAFIA SOBRE_GLIFOSATO_19.pdf
- Ecoticias. (9 abril 2016). 10 enfermedades provocadas por el glifosato. <https://www.ecoticias.com/sostenibilidad/113686/10-enfermedades-provocadas-glifosato>
- J. Jimenez. (21, Marzo, 2017). Glifosato: verdades y mentiras del herbicida más vendido del mundo. *Xataka*. <https://www.xataka.com/ecologia-y-naturaleza/glifosato-verdades-y-mentiras-del-herbicida-mas-vendido-del-mundo>
- J. Kaczewer. (20, diciembre, 2002). Toxicología del Glifosato: Riesgos para la salud humana. *Guayabira*. <http://www.guayubira.org.uy/?s=editorial>
- La Republica. (25 de junio de 2019). “El glifosato es un producto clave para la agricultura”: Mathias Kremer. <https://www.larepublica.co/empresas/el-glifosato-es-un-producto-clave-para-la-agricultura-mathias-kremer-2877372>
- La Vanguardia, (10 octubre 2018). Qué es el glifosato y por qué es tan polémico. lavanguardia.com/comer/al-dia/20181019/452415463251/glifosato-herbicida-polemico-que-es.html
- Nivia, E.. (2021). Efectos sobre la salud y el ambiente de herbicidas que contienen glifosato. *Mamacoca*. [Archivopdf]. http://www.mamacoca.org/docs_de_base/Fumigas/Nivia_Efectos_salud_ambiente_herbicidas_con_Glifosato.pdf Acceso: julio, 30,2021

Observatorio del Principio 10. (16 de mayo de/2004). Convenio de estocolmo sobre contaminantes organicos persistentes. <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convenio-estocolmo-contaminantes-organicos-persistentes>

Saenz M. E. y Di Marzio W. D. (2019) Ecotoxicidad del herbicida glifosato sobre cuatro algas clorofitas dulceacuáticas. *Limnetica*, 28 (1). 149-158
<https://core.ac.uk/download/pdf/33158393.pdf>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (26 de febrero de 2020). Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM). [Archivo en pdf]. <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/comision-intersecretarial-de-bioseguridad-y-organismos-geneticamente-modificados>.

Sobrelatierra, (4, septiembre, 2019). La cobertura del suelo afecta la cantidad de glifosato en el agua de escurrimiento. , <http://sobrelatierra.agro.uba.ar/la-cobertura-del-suelo-afecta-la-cantidad-de-glifosato-en-el-agua-de-escurrimiento>