



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS ORGANISMOS
GENÉTICAMENTE MODIFICADOS**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACEÚTICO**

AUTOR: KAREN GISSELA CALLE CUENCA

DIRECTOR: PhD. DIEGO ANDRADE CAMPOVERDE

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS ORGANISMOS
GENÉTICAMENTE MODIFICADOS

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACUEÚTICO**

AUTOR: KAREN GISSELA CALLE CUENCA

DIRECTOR: PhD. DIEGO ANDRADE CAMPOVERDE

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

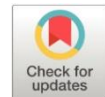
IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS

ENVIRONMENTAL IMPACT OF ORGANISMS

GENETICALLY MODIFIED

Karen Calle Cuenca, Diego Andrade Campoverde & Carlos Román Collazo

1	Karen Calle Cuenca		https://orcid.org/0009-0009-1137-3519
	Facultad de Bioquímica y Farmacia, Universidad Católica de Cuenca Karen.calle@est.ucacue.edu.ec		
2	Diego Andrade Campoverde		https://orcid.org/0000-0003-4652-7708
	PhD. En Bioética dandrade@ucacue.edu.ec		
3	Carlos Román Collazo		https://orcid.org/0000-0002-8235-4165
	PhD. En Bioética Rococar41@gmail.com		



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 10/10/2022

Revisado: 25/10/2022

Aceptado: 08/11/2022

Publicado: 05/01/2022

DOI:

Cítese:

Datos de la revisa
Datos de la revisa
Datos de la revisa
Datos de la revisa



ANATOMÍA DIGITAL, es una revista electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

<p>Palabras claves: glifosato, medioambiente, daños, beneficios, microorganismos.</p>	<p>Resumen</p> <p>Introducción: La importancia del impacto medioambiental de los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) radica en la necesidad de evaluar cómo estas modificaciones genéticas afectan al ecosistema y a la biodiversidad, donde se considera también beneficios. La evaluación del impacto medioambiental es esencial para tomar decisiones sobre la adopción y regulación de los OGM, garantizando la sostenibilidad a largo plazo.</p> <p>Objetivo: Determinar mediante investigaciones bibliográficas, el impacto que genera el uso de glifosato en el suelo. Considerando aspectos que expliquen el uso y la prohibición del mismo en varios lugares del mundo, enfatizando en Ecuador.</p> <p>Metodología: Se realizó una revisión sistemática de evidencia científica con artículos publicados entre los años 2003 y 2024, utilizando la metodología Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA).</p> <p>Resultados: La recopilación de datos enfatiza que el uso del glifosato por personas capacitadas puede evitar diferentes tipos de problemas e informar a la sociedad temas por los cuales usualmente se prohíbe en diferentes lugares del mundo.</p> <p>Conclusión: Tanto los beneficios como los daños que puede ocasionar el glifosato es muy dependiente de varios recursos que influyen directamente al usar el herbicida por lo tanto las opiniones sobre el mismo serán divididas hasta ser verificadas adecuadamente.</p>
<p>Keywords: glyphosate, environment, damage, benefits, microorganisms.</p>	<p>Abstract</p> <p>Introduction: The importance of the environmental impact of Genetically Modified Organisms (GMOs) lies in assessing how these genetic modifications affect the ecosystem and biodiversity, considering the potential benefits. Environmental impact assessment is essential for making decisions regarding adopting and regulating GMOs, ensuring long-term sustainability.</p> <p>Objective: To determine, through bibliographic research, the impact generated by using glyphosate in the soil. It considers</p>

aspects that explain its use and prohibition in several places in the world, with emphasis on Ecuador.

Methodology: A systematic review of the scientific evidence was conducted with articles published between 2003 and 2024, using the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) methodology.

Results: The data collection emphasizes that trained people using glyphosate can prevent different types of problems and inform society about issues for which it is normally prohibited in several places worldwide.

Conclusion: Both the benefits and the damages of glyphosate are highly dependent on various resources that directly influence its use as an herbicide; therefore, opinions about it will remain divided until adequately tested.

Introducción

La importancia del impacto medioambiental de los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) radica en la necesidad de evaluar cómo estas modificaciones genéticas afectan al ecosistema y a la biodiversidad. Algunos OGM, como cultivos modificados para resistir plagas o tolerar condiciones climáticas adversas, pueden tener impactos positivos al reducir la necesidad de pesticidas o mejorar la eficiencia agrícola. Sin embargo, es crucial considerar posibles efectos negativos demostrados, como la resistencia de plagas, la contaminación genética y los cambios en los patrones de uso de suelo. La evaluación del impacto medioambiental es esencial para tomar decisiones informadas sobre la adopción y regulación de los OGM, garantizando la sostenibilidad a largo plazo (1).

El objetivo de este estudio es poder determinar mediante investigaciones bibliográficas realizadas, el impacto que genera el uso de glifosato en el suelo. Considerando diversos aspectos que puedan explicar por qué es prohibido el uso del mismo en varios lugares del mundo, enfatizando en Ecuador y destacando el daño aparente generado en el

medioambiente, considerando que al generarse este trabajo puede dar paso a varias investigaciones más profundas a futuro (2).

Metodología

Se realizó una revisión sistemática de evidencia científica con artículos publicados entre los años 2003 y 2024, utilizando la metodología *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Donde se basó en un listado de aplicación que consta de:

- Determinación de preguntas de investigación
- Criterio de inclusión y exclusión,
- Una búsqueda bibliográfica amplia y detallada
- Filtración y selección de documentos
- Informe de resultados.

Estrategias de búsqueda

Se realizó una búsqueda bibliográfica en distintas bases digitales como *Scielo*, *Scopus*, *Proquest*, entre otras. Utilizando operadores booleanos y palabras claves.

La revisión realizada se basa en la formulación de preguntas a responder (PICO), donde:

P: Problema. Daño ambiental por causa del Glifosato

I: Intervención. Verificación de estudios con uso del glifosato

C: Comparación. Diferentes estudios basados en el daño que causa el glifosato.

O: Resultados u Outcome. Si el Glifosato es no perjudicial y basándose en que, su uso es muy limitado en el mundo.

Se utilizó el gestor bibliográfico Zotero para poder almacenar las diferentes referencias utilizadas.

Criterios de Inclusión

Publicaciones de investigación científica que corresponden a artículos originales aleatorizados.

Estudios que incluyan información válida desde el año 2003 al 2024 principalmente enfocando su investigación en diversidad de temas del glifosato y su impacto en el mundo.

Investigaciones que sean en cualquier idioma relacionadas con el glifosato e información relevante.

Publicaciones que se encuentren en páginas antes mencionadas donde incluyan diversos puntos de beneficios o daños que cause el glifosato.

Criterios de Exclusión

- Publicaciones que sean revisiones sistemáticas.
- Investigaciones bibliográficas realizadas antes del año 2003 y con información incompleta.
- Uso de páginas y fuentes no confiables ni científicas relacionadas con el campo de estudio.
- Diversas publicaciones con enfoques fuera del campo de estudio relacionado.

Selección de Estudios y Extracción de Datos

1. Uso de la aplicación Excel para recolección de datos y creación de tabla.
2. Revisión de cada artículo utilizado para clasificación.
3. Aplicación de la tabla realizada en Excel, colocación de variables: títulos, autores, resúmenes, años, página de origen, links y verificación del texto completo para su elección.
4. Primera prueba con 8 primeros artículos para expandir la investigación.
5. Suma de más artículos con su respectiva información para su análisis.
6. Recolección de un total de 21 artículos para uso extenso de todo el artículo de revisión sistemática.

Investigación según sus fuentes

Estrategia de búsqueda	Amplia	Búsqueda en distintas bases digitales de información científica verificada.
------------------------	--------	---

Criterios de Inclusión	Específicos	Se requiere de información dentro de un rango de años, entre el 2003 y el 2024, basándose en artículos originales.
Criterios de Exclusión	Específicos	Estudios incompletos y con información de mala calidad o en páginas no confiables.
Selección de Estudios	Específicos	Revisión de estudios relevantes y clasificación de los más útiles.
Extracción de datos	Cuantitativa	Se analizarán datos específicos de cada estudio los cuales serán clasificados en una tabla para previamente ocuparlos.

Resultados

El uso de plaguicidas es considerado una trayectoria debido a que este presenta un nexo desde el momento que entra en contacto donde se usa hasta que termina su reacción, en esta trayectoria se encuentra el medioambiente directamente relacionado el cual puede verse favorecido o afectado. Existe gran variedad de plaguicidas, sin embargo, el uso del Glifosato es el más común dentro de las comunidades agrícolas a lo largo del mundo como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Áreas Geográficas del mundo y uso del glifosato en la mismas.

ÁREAS GEOGRÁFICAS	USOS
ESTADOS UNIDOS	Se usan más de 1.8 millones de toneladas de glifosato, en un 90% de cultivo de soja y de maíz modificados resistentes al glifosato. No solo mata las malezas. Hay al menos 150 ciudades en la nación que tienen políticas de primeros pesticidas orgánicos, sin embargo existen restricciones dentro como lo es en Alaska, Colorado, Connecticut, Illinois, entre otras.
CANADÁ	El uso de glifosato se da para malezas, en cultivos de trigo, avena y legumbres. Existe la prohibición de glifosato en cosechas maduras para semillas y la cebada madura para hacer germinar. No es permitido el uso mediante avión y la cantidad a uso diario es de 0.03 mg/kg p.c. por día.
BRASIL	La producción de soja, maíz y algodón han utilizado extensamente el glifosato, considerando que a partir del año 1998 fue prohibido por consumidores para posteriormente en 2003 regular su venta considerando una prohibición del herbicida debido a que es considerado "probable cancerígeno" (OMS, 2015).

COLOMBIA	Se ha utilizado por 30 años para asperjar por avión a cultivos de coca, también en en cultivos de algodón, arroz, maíz, café, plátano, banano, caña y palma africana. Sin embargo, a partir del año 2015 en base a una publicación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) donde afirmaba que podría causar cáncer en humanos, el gobierno decidió prohibir su uso fijando un plazo para detener todas las fumigaciones (CNE, 2015).
ECUADOR	El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador (INIAP) enfoca el uso de glifosato en el control de malezas anuales y perennes en diferentes cultivos, preparación de sitio forestal y en áreas no cultivadas con una dosis variable de 2 a 4 litros de 36 comercial por hectárea (INIAP, 2015).

(3)(4)

Glifosato en Ecuador

A pesar de ser utilizado ampliamente de manera recalcante en cultivos de soja, maíz, caña de azúcar y maleza aumentando el rendimiento de los cultivos, este a sido un tema de gran controversia, debido a que las opiniones sociales son muy divididas y a pesar de existir el artículo 3631.1 donde habla de la prevención de contaminantes, de manera especial la prohibición del glifosato y otras variantes como el caso del paraquat ya que al no existir un debido control sigue circulando este tipo de herbicidas y siendo de fácil acceso (5).

Se han abierto debates donde se exigen pruebas para que exista la prohibición, pues varias opiniones no comprobadas ni científicas dentro del país han demostrado una gran preocupación por presunta contaminación en el medio ambiente al usar este tipo de herbicida y ser perjudicial a largo plazo en la biodiversidad. También se debate en una gran escala sobre posibles efectos en la salud de la población donde se menciona que es el causante de cáncer lo cual hasta el día de hoy siguen siendo teorías debido a la falta de investigación (5).

Por la gran controversia generada por el tema se ha ido más allá que un grupo de personas exigiendo regulación y protestando, se han generado demandas lo cual de cierto modo ha logrado controlar un poco más el uso de estos herbicidas sin argumentos verificados pero con medidas aplicadas como respuesta (6).

Mecanismo de Acción de Glifosato

El glifosato es un herbicida no selectivo que actúa inhibiendo la enzima 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS) en la ruta del shikimato de las plantas. Este proceso es esencial para la síntesis de aminoácidos aromáticos, como la fenilalanina, la tirosina y el triptófano. El glifosato, al mimetizar el sustrato de la enzima, se une al sitio activo de la EPSPS, bloqueando su función normal. Esto interrumpe la producción de aminoácidos esenciales, provocando la muerte de las células vegetales y, finalmente, de la planta (6).

Aunque el glifosato es efectivo contra una amplia variedad de plantas, su impacto en los cultivos puede variar.

- Cultivos Tolerantes al Glifosato: Una variedad de cultivos genéticamente modificados para ser tolerantes al glifosato. Estos incluyen soja, maíz, algodón y canola, entre otros. Se puede aplicar el glifosato directamente sobre las plantas sin dañarlas, lo que facilita el control de las malas hierbas sin afectar significativamente el cultivo (7).
- Cultivos No Tolerantes al Glifosato: El herbicida puede ser perjudicial si se aplica directamente a las plantas cultivadas. Para evitar dañar los cultivos, se debe tener cuidado al aplicar el glifosato, utilizando métodos que minimicen el contacto con las plantas deseadas. Esto puede incluir el uso de protectores de cultivos y técnicas de aplicación selectivas (7).

Salida de Glifosato al medioambiente

La salida de glifosato desde la planta al medioambiente puede ocurrir a través de diversas vías como es el caso de Lixiviación, donde el glifosato viaja hacia capas más profundas del suelo o aguas subterráneas, arrastre del glifosato por la escorrentía hacia cuerpos de agua cercanos, volatilización de glifosato, aunque este proceso es generalmente bajo. Liberación de residuos de glifosato en el suelo durante la descomposición de plantas tratadas, movimiento del glifosato con el flujo de agua subterránea, afectando la calidad del agua en acuíferos (8).

Comportamiento del Glifosato los suelos

La toxicidad del Glifosato presenta una capacidad de translocación de la raíz hacia el suelo, logrando aumentar la persistencia en el suelo de donde se aplicó el mismo. Previamente se puede movilizar lo que indica una transferencia del herbicida hacia otras plantas no consideradas en tratamiento, esto tiene una gran influencia por las diversas características que presenta cada suelo (8).

El glifosato es un ácido orgánico soluble en agua, derivado fosfometil del aminoácido glicina cuyo ingrediente activo es N-(fosfometil) glicina, sus vías de degradación en el suelo hablan que: una puede darse mediante la actividad enzimática liasa sobre los ligandos C-P liberando así sarcosina y fosfato, mientras que la otra vía consiste en un proceso de oxidación mediante de la enzima glifosato reductasa (GOX), la cual llega a romper un enlace C-N formando el metabolito ácido aminometilfosfónico (AMPA). Se destaca que las bacterias logran hidrolizar hasta el 98% de glifosato y un 9% de AMPA (8).

El comportamiento del glifosato en los diferentes suelos puede variar debido a diversas características como es el caso de:

- Adsorción al suelo: El glifosato tiende a absorberse a las partículas del suelo, especialmente a arcillas y materia orgánica. Suelos con altos contenidos de arcilla y materia orgánica tienden a retener más glifosato, reduciendo su movilidad.
- Tipo de suelo: La textura del suelo influye en la movilidad del glifosato. Suelos arenosos permiten mayor movilidad y lixiviación, mientras que suelos arcillosos tienden a retener más el herbicida en la zona de aplicación (9).
- pH del suelo: puede afectar la forma química del glifosato y su interacción con las partículas del suelo. En suelos ácidos, el glifosato puede ser más soluble y móvil, mientras que en suelos alcalinos puede absorberse más fuertemente (9).
- Contenido de Materia Orgánica: como residuos vegetales y restos orgánicos, puede afectar la adsorción del glifosato. Suelos con altos niveles de materia orgánica pueden retener más glifosato (9).
- Condiciones Climáticas: La temperatura y la humedad del suelo influyen en la velocidad de degradación del glifosato. Suelos cálidos y húmedos tienden a favorecer una mayor actividad microbiana, acelerando la degradación (9).

- Prácticas de Manejo Agrícola: La frecuencia y la dosis de aplicación del glifosato, así como las prácticas agronómicas, pueden afectar su comportamiento en el suelo. Aplicaciones repetidas pueden aumentar la acumulación del herbicida (9).
- Microorganismos del suelo: La presencia de microorganismos en el suelo juega un papel importante en la degradación del glifosato. Suelos con una población microbiana activa tienden a degradar el herbicida más rápidamente (9).
- Lixiviación y Escorrentía: En suelos con alta permeabilidad y pendientes pronunciadas, existe un mayor riesgo de lixiviación y escorrentía del glifosato hacia cuerpos de agua cercanos (9).

Presentaciones Comerciales

En Ecuador se puede encontrar cerca de 38 herbicidas con glifosato como ingrediente activo. Entre los que presentan una alta concentración de glifosato en su composición son:

- FLame Plus 480
- Gliakla
- Kalac
- Glifomat 500
- Rodeo
- Glifonox 480
- Glifoquim 480
- Glifoned
- Glifopro
- Matasano
- Arrasador

Entre otros, los cuales tienen características comunes como el uso dentro de ciertos tipos de cultivos ya sea de palma africana, cacao, aguacate, café, cítricos y banano controlando distintos tipos de malezas, considerando que muchos de estas formulaciones comerciales tienen ingredientes coadyuvantes que de una u otra manera pueden llegar a aportar una mayor ecotoxicidad sobre las cuales hasta la actualidad no se ha encontrado una información corroborante (10).

La aplicación correcta del Glifosato se debe a los distintos tipos de cultivos, debido a su dosis y el tiempo de aplicación como es el caso de: L.ha (Litro x hectárea) (11).

En cítricos: se aplica una dosis de 2,5 - 4 L.ha. Aplicando la dosis más baja en lotes de baja cobertura y desarrollo temprano. Se aplica la dosis más alta en lotes de mayor cobertura y tamaño de las malezas (11).

En frutales: se aplica de 1,5 - 4,5 L.ha. Aplicación en post emergencia en forma dirigida sobre las malezas en activo crecimiento.

En soja transgénica: 1,5 - 2,5 L.ha. Entre los 30-45 días después de la emergencia del cultivo, cuando las malezas tienen entre 2-4 hojas.

En maíz transgénico: 1,8 - 3,5 L.ha. Se aplica previo a la emergencia con una dosis que depende del grado de infestación de las malezas, del estado de las mismas y de las condiciones climáticas en las que se encuentren.

En algodón transgénico: 1,1 - 2,5 L.ha. Se aplica postemergencia, considerando entre la 4ta semana de la misma (11).

Cambios producidos en el Bioma

El glifosato puede ser arrastrado por el viento y produce daños colaterales como es el caso de flores silvestres y pueden afectar a especies de más de 20 metros del sitio asperjado (12).

Existen tipos de glifosatos como es el caso del Roundup el cual logra afectar la calidad del agua en conjunto con ciertos organismos modificando de manera directa la estructura y funcionalidad de ecosistemas acuáticos completos produciendo efectos como un retraso en el crecimiento de algas y peces, cambios histopatológicos en peces, alteraciones de parámetros enzimáticos en especies marinas (12).

Se habla también que al aplicar el glifosato se puede aumentar pastos invernales anuales pero disminuyendo las leguminosas y pastos estivales lo cual daría como resultado una alteración en el ciclo del carbono teniendo una relación directa con los ciclos y disponibilidad tanto del nitrógeno como del fósforo dentro del ecosistema (12).

En el suelo el glifosato no era considerado como un problema sin embargo, a pesar de la adhesión a la arcilla y a la materia orgánica se ha encontrado partes de glifosato y su metabolito AMPA disuelto en aguas subterráneas debido a fuertes lluvias y la erosión. Una vez dado este proceso se considera la degradación del glifosato mucho más lenta en el sedimento cuando se encuentra disuelto en agua (12).

Cambios producidos en los microorganismos

Los microorganismos tienen una gran importancia dentro del medio ambiente debido a muchas funciones como la regulación de ciclos al degradar materia orgánica mediante procesos metabólicos propios, mismos que proveen grandes beneficios al medioambiente (13).

Al utilizar herbicidas en diversas plantaciones pueden llegar a afectar de manera directa sobre la fisiología y el metabolismo de los microorganismos. En el caso del glifosato se habla de una gran alteración en el ámbito tanto de crecimiento como de actividades metabólicas microbianas en especies procariontes del suelo (13).

Existen variables tanto del producto glifosato como formulación y en cuanto al sitio o lugar donde se va a hacer uso que influyen de manera directa en la actividad metabólica lo cual pueden producir una aceleración de efectos no deseados. Se han reportado comportamientos diferenciales entre bacterias gram positivas y gram negativas en suelos tratados con las mismas concentraciones de glifosato (Sihtmäe et al. 2013).

Se estima basándose en investigaciones que el glifosato sirve como una fuente de carbono para diferentes bacterias influyendo en la mineralización. Al entrar a un proceso de degradación el glifosato se somete a procesos metabólicos en conjunto con el ambiente rizosférico, considerando las variables antes mencionadas para cada proceso y de cómo será la población de microorganismos en el suelo. También se explica el proceso de cómo al someter a un suelo a altas concentraciones de glifosato llega a reducir el número de microorganismos en un contraste con la cantidad que se debería utilizar usualmente (Ayansina y Oso 2006).

El proceso de degradación de glifosato en el suelo es realizado por una variedad de filos bacterianos como es el caso de: Actino bacterias, Acido bacterias, Cianobacteria, Bacteroidetes, entre otros. Sin embargo, a pesar de la labor bacteriana también depende de aspectos como la concentración del herbicida, el tiempo al que se expone la microbiota independientemente de las propiedades del suelo. Generalmente al exponer por un tiempo a la microbiota del suelo a glifosato, esta llega a presentar cambios que logran adaptarse para seguir prevaleciendo a favor de las distintas especies tolerantes al herbicida dándoles una mayor eficiencia dentro de su papel en el ecosistema (14).

En bacterias gramnegativas se determinó una actividad catabólica más de lo normal al aumentar su concentración en comparación a cantidades usualmente usadas, indicando que este tipo de bacterias no se reproducen, pero logran eliminar el glifosato del suelo y sobreviven a las condiciones presentadas, dentro de las especies que destacan se encuentran: *Ralstonia* sp., *Gamma proteobacterium*, *Burkholderia* sp. y *Devosia* sp. Liu et al. (2018).

Beneficios proporcionados por el glifosato

El Glifosato presenta una serie de beneficios los cuales en estudios realizados, muy pocos dan a conocer, como es el caso de que con la interrupción del crecimiento de algunos microorganismos por la enzima EPSPS se ha llegado a considerar teorías como estrategias terapéuticas para infecciones causadas por *Toxoplasma gondii*, *Plasmodium falciparum* y *Cryptosporidium parvum* (U.S. Patent No. 7771736 B2) (Paul et al. 2005, Liu et al. 2018).

Por otro lado, el uso del glifosato logra controlar una gran variedad de las malezas produciendo así un aumento de productividad agrícola al reducir una competencia por nutrientes para que los cultivos puedan desarrollarse. Al aumentar la productividad agrícola este logra mantener con cobertura vegetal en zonas donde es utilizado, por ende los suelos no son erosionados (15).

En la práctica agrícola de siembra directa el uso de este herbicida ha demostrado mantener la humedad del suelo así reduce la compactación del mismo y su calidad mejora notablemente considerando dosis correctas y según indicaciones de una persona

capacitada. Esto dependiendo del tipo de suelo en el que se va a usar, lo cual evita el uso de herbicidas más antiguos con una toxicidad mayor en comparación con el Glifosato (15).

Tipo de daños y contaminación a Causa del Glifosato

El glifosato no es considerado como tal, un herbicida de alto riesgo debido a la falta de estudios comparativos en términos como toxicidad y efectos ambientales. En otras investigaciones se destaca por que el glifosato fue el que reemplazó a varios herbicidas con mucho rango más de toxicidad por lo que existió una reducción en la elaboración de herbicidas desde que este fue evolucionando a lo largo del tiempo (16).

Al realizarse la prueba de riesgo de los herbicidas en la elaboración antes de salir al mercado se puede verificar su porcentaje de toxicidad. En la elaboración del comportamiento del glifosato se determinó al someter a *Escherichia coli* y *Salmonella enterica serovar Typhimurium* que se produjo un cambio en la respuesta de las bacterias a los principales antibióticos β -lactamas (ampicilina), cloramfenicol, tetraciclina, fluoroquinolonas (ciprofloxacina) y aminoglicosidos (kanamicina). Lo cual indica un aumento de tolerancia muy relevante, previamente se encontraron con la respuesta que el glifosato logra incrementar a un 10x10 de veces la resistencia bacteriana en *E.coli* y *Salmonella* a los antibióticos. Lo cual indica que al usarse de manera exagerada el glifosato en la agricultura comercial está logrando que la resistencia sea cada vez mayor a las cepas que se van desarrollando (16).

El querer analizar los residuos de herbicidas resulta muy complejo por lo cual en muchos países en los cuales son consumidores no realizan este tipo de procedimientos. Sin embargo, las investigaciones realizadas reflejan como el glifosato pasa de ser parte de las plantas y llega a ser un alimento más adelante. Es decir, existe una gran variedad de alimentos que se han encontrado con glifosato después de realizar la aplicación del herbicida (16).

En este tipo de investigaciones destaca que el cultivo de trigo presenta una cantidad significativa de residuos de glifosato en su grano según datos de la Organización Mundial de la Salud, al ser preparado para consumo se determinó que estos residuos no se llegan

a perder ni aun siendo sometidos al calor del horno. Sin embargo en cultivos de lechuga, zanahoria y cebada sembrados un año después también han presentado residuos de glifosato (16).

La exposición del glifosato en insectos y otros artrópodos benéficos llega más allá como el caso de las avispas parasitoides u otros predadores importantes tanto en la aireación como en la formación de humus (16).

En cuanto a los diversos organismos acuáticos se explica que cada uno presenta su propia sensibilidad al herbicida, sin embargo el nivel de toxicidad puede presentarse entre un rango de 3.2 a 5.3ppm considerándose un rango moderado.

Así como depende de muchos factores el cómo llega a influir el glifosato en el suelo se explica que para comprender la toxicidad también habrán factores como: la especie afectada, calidad de agua, edad de especies y la temperatura considerando que a una mayor temperatura, mayor toxicidad. Destacando que la cantidad de glifosato presente en aguas blandas llega a tener un nivel mucho más alto de toxicidad que aguas duras para algunas especies. Como ejemplo el caso de las truchas arco iris y tilapias, los efectos subletales pueden ser a bajas concentraciones, presentando dificultad para moverse y respirar, cambiando sus hábitos y estilo de vida como su nivel de alimentación, reproducción, entre otras acciones propias de la especie (16).

El glifosato es considerado moderadamente tóxico para las aves, principalmente por tener un impacto directo en su hábitat afectando a su población por cambios en su consumo de plantas principalmente como alimento, como protección y como un hogar (16).

En mamíferos de especie pequeña se ha notado una alteración y cambio notable por la muerte de la vegetación que estos consumen o que utilizan diariamente a lo largo de los años.

Las lombrices de tierra son afectadas de una manera notoria en su desarrollo y sobrevivencia al exponerse a dosis altas de glifosato, sin embargo, en estudios realizados se determinó que al bajar la dosis en aplicaciones cada 15 días se pudo reflejar la reducción de la mortalidad (17).

Discusión

El estudio realizado refleja varios puntos tratados en una escala de tiempo extensa, donde al enfatizar en cada uno se puede comprender que para poder tener evidencias tanto de daños como beneficios que causa el glifosato es necesario y dependiente varios recursos que influyen directamente, como es el caso de la movilidad y transporte de los herbicidas, que es lo que lo favorece. La variable más importante es la dosis y tiempo de exposición al que se somete el cultivo, sin mencionar muchas más.

Las opiniones muy divididas acerca del uso de este herbicida son muy fundamentales debido a que en base a las mismas se desarrollan investigaciones posteriormente como es este trabajo. Se ha logrado determinar que glifosato puede ser beneficioso en el caso de saber utilizarlo, pues para el sector agrícola se denota que existen muchas opiniones a favor lo cual despierta el interés y al existir este punto a favor se podrían desarrollar puntos de control dentro de cada país en los cuales se consideran totalmente prohibidos lo que puede abrir paso a más investigaciones a futuro (18).

El monitoreo adecuado de este tipo de estudios, permite evaluar y comprender el comportamiento del glifosato, explicando la movilidad y transporte del en el suelo, considerando que grados de contaminación puede causar al usarse de una manera inadecuada y cuáles pueden ser posibles alternativas para controlar este tipo de problemas.

A lo largo del tiempo seguirá existiendo controversia por el tema de los OGM y de los herbicidas empleados como es el caso del glifosato por lo cual es recomendable que prosigan con más estudios para poder lograr una apertura en el tema y así poder llegar a tener distintas pruebas que muestran y definen el estado del uso del glifosato (19).

Bibliografías

1. Mejía MV, Agudelo-Londoño SM. El glifosato alza el vuelo. Análisis retórico del discurso en la prensa nacional de Colombia (2018-2019) *. Signo y Pensamiento 2019 Jul;38(75):1-25. Disponible en: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/el-glifosato-alza-vuelo-análisis-retórico-del/docview/2339150137/se-2?accountid=61870>
2. Brookes G, Barfoot P. Global impact of biotech crops: Environmental effects 1996-2009, [Internet]. 2011 [cited 2024 Feb 1]. Available from: <https://www.tandfonline.com/vpn.ucacue.edu.ec/action/showCitFormats?doi=10.4161%2Fgmcr.2.1.15529>
3. Bravo E, Naranjo A. América Latina fumigada y crisis de las commodities. El caso del glifosato de Monsanto. Ciencia Política, suppl.escenarios socio-territoriales y rurales de la lucha 2016;11(21). Disponible en: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/américa-latina-fumigada-y-crisis-de-las/docview/1837594045/se-2?accountid=61870>
4. You Z You, Quanho D, Youjin Y, Juan T, Chenyang W, Zeyin H, et al. La fumigación con glifosato exacerba la pérdida de nitrógeno y fósforo en las tierras agrícolas de las laderas kársticas [Internet]. Monitoreo y Evaluación Ambiental; 2024 [cited 2024 Feb 1]. Available from: <https://www.scopus.com/vpn.ucacue.edu.ec/record/display.uri?eid=2-s2.0-85180370490&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=2bc3386326473ebae6a9485328b7d119&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28impact%2Bof%2Bglyphosate%2Bon%2Bthe%2Benvironment%29&sl=54&sessionSearchId=2bc3386326473ebae6a9485328b7d119&relpos=7#top>
5. Burger Mabel, Fernández Salomé. Exposición al herbicida glifosato: aspectos clínicos toxicológicos. Rev. Méd. Urug. [Internet]. 2004 Dic [citado 2024 Feb 1] ; 20(3): 202-207. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-03902004000300006&lng=es.
6. González Ortega Emmanuel, Fuentes Ponce Mariela H.. DINÁMICA DEL GLIFOSATO EN EL SUELO Y SUS EFECTOS EN LA MICROBIOTA. Rev. Int. Contam. Ambient [revista en la Internet]. 2022 [citado 2024 Feb 1] ; 38: 54197. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992022000100113&lng=es. Epub 09-Nov-2022. <https://doi.org/10.20937/rica.54197>.
7. Peñaherrera Colina, L. (PDF) situación actual sobre el uso del glifosato en Ecuador [Internet]. 2013 [cited 2024 Feb 2]. Available from:

- https://www.researchgate.net/publication/304149389_Situacion_actual_sobre_el_uso_del_glifosato_en_Ecuador
8. Tofiño A, Carbono R, Melo A, Merini L. Efecto del glifosato sobre la microbiota, calidad del suelo y cultivo de frijol biofortificado en el departamento del Cesar, Colombia [Internet]. 2020 [cited 2024 Feb 2]. Available from: <https://www.citethisforme.com/bibliographies/815921f2-5f34-439c-9090-bd7ea3074f74>
 9. Varona Marcela, Henao Gloria Lucía, Díaz Sonia, Lancheros Angélica, Murcia Álix, Rodríguez Nelcy et al . Evaluación de los efectos del glifosato y otros plaguicidas en la salud humana en zonas objeto del programa de erradicación de cultivos ilícitos. *Biomédica* [Internet]. 2009 Sep [cited 2024 Feb 2] ; 29(3): 456-475. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572009000300014&lng=en.
 10. Morabowen A, Crespo V, Ríos B. Efectos de los paisajes agrícolas y usos de la tierra en arroyos tropicales de alta biodiversidad del Chocó ecuatoriano [Internet]. 2019 [cited 2024 Feb 2]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/232173635_httpwwwtandfonlinecomdoiabs101080009140390909763
 11. Author links open overlay panelJoshua T. Padilla, AbstractGlyphosate [N-(phosphonomethyl) glycine] (GPS) is currently, Albers CN, Al-Rajab AJ, Arroyave JM, Bento CPM, et al. Environmental behavior of glyphosate in soils [Internet]. Academic Press; 2019 [cited 2024 Feb 2]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211319300859?via%3Dihub>
 12. Klátyik S, Simon G, Oláh M, Mesnage R, Antoniou MN, Zaller JG, et al. Terrestrial ecotoxicity of glyphosate, its formulations, and co-formulants: evidence from 2010–2023. *Environmental Sciences Europe* 2023 12;35(1):51. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2834539885/35C4BC60F0174008PQ/1?sourcetype=Scholarly%20Journals>
 13. Souza AM, Macie JC, Barroso GM, Silva RS, Garraffoni ARS, Neves CA, et al. Ecotoxicological effects of commercial herbicides on the reproductive system of aquatic arthropod *Limnocoris submontandoni* (Hemiptera: Naucoridae). *Brazilian Journal of Biology* 2024;84:1-8. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2717150023?sourcetype=Scholarly%20Journals>
 14. Cornish CM, Sweetman JN. A perspective on how glyphosate and 2,4-D in wetlands may impact climate change. *Frontiers in Environmental Science* 2023 Nov 06. Disponible en:

- <https://www.proquest.com/docview/2886452470?sourcetype=Scholarly%20Journals>
15. Bacon M, Vandelac L, Gagnon M, Parent L. Poisoning Regulation, Research, Health, and the Environment: The Glyphosate-Based Herbicides Case in Canada. *Toxics* 2023;11(2):121. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2779676295?sourcetype=Scholarly%20Journals>
 16. Chen R, Wang S, Sun Y, Li H, Wan S, Lin F, et al. Comparison of Glyphosate-Degradation Ability of Aldo-Keto Reductase (AKR4) Proteins in Maize, Soybean and Rice. *International Journal of Molecular Sciences* 2023;24(4):3421. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2779613915?sourcetype=Scholarly%20Journals>
 17. Pline WA, Wells R, Little G, Edmisten KL, Wilcut JW. Glyphosate and water-stress effects on fruiting and carbohydrates in glyphosate-resistant cotton. *Crop Sci* 2003 May;43(3):879-885. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/212604003?sourcetype=Scholarly%20Journals>
 18. Brookes G, Barfoot P. Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996–2013 *Biotechnology in Agriculture and the Food Chain*; 2015. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21645698.2015.1025193>
 19. O S, L. Cerdeira D and A. Risks and benefits of glyphosate ... - library [Internet]. 2007 [cited 2024 Feb 2]. Available from: https://library.wur.nl/WebQuery/file/cogem/cogem_t476a6787_0