



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**REVISIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y LOS  
EFECTOS EN LA SALUD HUMANA GENERADOS A  
PARTIR DEL USO DE GLIFOSATO EN LA  
ERRADICACIÓN DE CULTIVOS ILÍCITOS EN  
COLOMBIA**

**Sonia Bibiana Cortés Pedraza**

**Jessica Paola Moná Nieto**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad de Ingeniería**

**Medellín, Colombia**

**2019**



**Revisión de los impactos ambientales y los efectos en la salud humana generados a partir del uso de glifosato en la erradicación de cultivos ilícitos en Colombia**

**Sonia Bibiana Cortés Pedraza**

**Jessica Paola Moná Nieto**

Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de: **Especialización en Gestión Ambiental**

Asesor(a):

Jaime Alejandro Hincapié García

Químico Farmacéutico

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Medellín, Colombia

2019

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
MÉTODOS.....	3
Estrategia de búsqueda.....	3
Métodos de revisión .....	4
Análisis de la información .....	4
RESULTADOS .....	5
DISCUSIÓN.....	10
CONCLUSIONES .....	13
BIBLIOGRAFÍA.....	14
ANEXOS .....	19
Anexo 1. Matriz bibliográfica. Archivo de Excel.....	19

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Selección de artículos .....	6
Gráfica 2. Resultados de los artículos .....	8

## RESUMEN

El glifosato ha sido empleado como herbicida a nivel mundial en actividades agrícolas. En Colombia, ha sido utilizado como método de erradicación de cultivos ilícitos, sin embargo, se han reportado riesgos asociados a la exposición y efectos tóxicos para la salud humana debido a la contaminación de fuentes hídricas y suelos. **Objetivo:** Reconocer los efectos del uso del glifosato en la salud y en el ambiente e identificar alternativas de sustitución para la erradicación de cultivos ilícitos. **Métodos:** Se realizó un scoping review de información publicada en bases de datos, con criterios de búsqueda asociados a efectos sobre la salud humana y el medio ambiente, y con un periodo de publicación no mayor a 5 años (2015-2019). **Resultados:** De acuerdo con la información obtenida sobre la salud humana, los estudios muestran que la incidencia y probabilidad para la aparición de enfermedades como el cáncer es muy baja, por su parte para los efectos del medio ambiente se encontró que con mayor frecuencia se presentan impactos en ecosistemas y animales acuáticos. **Conclusiones:** En la revisión efectuada no se evidencian estudios concluyentes que reporten efectos sobre la salud humana y el medio ambiente, producto del uso del glifosato en la erradicación de cultivos ilícitos. Se evidencia la necesidad de realizar más estudios y de definir metodologías homologadas para el análisis científico de esta información

**Palabras clave:** Impacto ambiental, medio ambiente, salud, herbicida.

## ABSTRACT

Glyphosate has been used worldwide as an herbicide in agricultural activities. In Colombia, it has been used as a technique for eradication of illicit crops. However, some papers have reported risks associated to the exposition and the toxic effects on human health due to the contamination of water sources and soils. **Objective:** To recognize the effects of glyphosate use on human health and on the environment and to identify substitution alternatives for the eradication of illicit crops. **Investigation method:** A scoping review of information published in databases was carried out, using search terms related to effects of glyphosate on human health and its environmental impacts, and with year of publication within the last five years (2015 – 2019). **Results:** According to the information concerning human health, studies reported that the incidence and probability of the occurrence of diseases such as cancer is low. On the other side, regarding the environmental impacts, studies reported an increasing occurrence frequency of negative impacts in ecosystems and aquatic fauna. **Conclusions:** The current review did not provide conclusive evidence about the impacts on human health and on the environment as a consequence of the use of glyphosate in the eradication of illicit crops. It is therefore necessary to develop further studies regarding this topic and to define approved and generalized methodologies for the scientific analysis of this information.

**Key words:** Environmental impact, environment, health, herbicide.

## INTRODUCCIÓN

El glifosato es un herbicida sistémico no selectivo de amplio espectro, patentado por la empresa Monsanto bajo el nombre comercial *Round up* (1), el cual ha sido utilizado para eliminar y remover malezas de hoja ancha, pastos anuales y especies leñosas en sistemas agrícolas, pecuarios, forestales, entre otros (2).

En Colombia, empezó a usarse en 1994 con el Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante aspersión aérea con Glifosato (PEGIC), reglamentado por el Consejo Nacional de Estupefacientes (3). En el año 2000, con el establecimiento del Plan Colombia se intensificaron las actividades de erradicación, con las cuales se logró disminuir las hectáreas cultivadas de hoja de coca en un 11,3% durante el primer año de implementación y alcanzando en el segundo año una caída de más del 30% (4), que significó un avance importante en términos de eficiencia. Sin embargo, por parte de las comunidades objeto de aspersión se tuvo una percepción negativa frente a la estrategia, ya que el herbicida no sólo atacó los cultivos de hoja de coca o de marihuana, sino también cultivos de uso lícito como el cacao y los pastizales con vocación ganadera (5).

Durante la implementación de dicho programa, se observaron resultados opuestos a los planteados, ya que la producción de estos cultivos se desplazó hacia zonas de reserva natural y áreas protegidas del sur del país en los departamentos de Putumayo, Caquetá, Guaviare y Meta, lo que se tradujo en un aumento en la cantidad de hectáreas cultivadas de hoja de coca (4). Hacia el año 2015 la Organización Mundial de la Salud declara que el glifosato representa un alto riesgo para la salud de las personas (6). A partir de esta publicación en Colombia se suspende la aspersión aérea de glifosato para la erradicación de cultivos de uso ilícito mediante la Resolución 006 del 29 de mayo de 2015.

Del glifosato se reportaron efectos negativos en la salud y efectos nocivos a los ecosistemas (7) como por ejemplo afectaciones de especies acuáticas debido a la contaminación de fuentes hídricas (a causa de la solubilidad del glifosato), interrupción de la fotosíntesis en plantas e interferencias en el proceso de polinización de algunos insectos.

Posterior a la suspensión de la aspersión de glifosato, en el año 2017 la Corte Constitucional emite las sentencias T-236 y la T-080, en las que se exige respeto y participación a las comunidades étnicas de Nóvita y del Guaviare, defendiendo el derecho a la consulta previa (8,9). Por su parte, y consecuentemente, la Corte Constitucional, atendiendo al principio de precaución, indicó que mientras no se demuestre ausencia de daño para la salud y el medio ambiente a través de evidencia objetiva y concluyente, no se tomará ninguna decisión de reanudación. No obstante, frente al incremento en los cultivos de coca y marihuana durante los años 2016 a 2018, el gobierno colombiano quiere retomar dicha práctica.

A la fecha no parece existir aún evidencia concluyente. Para ello, esta revisión tiene como propósito identificar la información publicada en los últimos cinco años sobre los efectos del uso del glifosato en la salud y el ambiente; así como la generación de posibles alternativas al uso del glifosato, que no supongan un efecto negativo en la salud o en el ecosistema.



## **MÉTODOS**

Para el desarrollo del presente trabajo se realizó una revisión sistemática de información, esto con el fin de agrupar la información que tenga características similares o traten de un tema particular, para así, realizar un análisis integral de los hallazgos. Para esto se utilizaron dos bases de datos: PubMed/Medline para lo relacionado con impactos en la salud y Science Direct para los impactos ambientales.

### **Estrategia de búsqueda**

Con base en la metodología propuesta por Siddaway, Wood y Hegdes (10), en el que se especifica la metodología de una revisión sistemática, se propuso el siguiente esquema de trabajo: en primer lugar, se definió el alcance en relación con la temática que se va a trabajar. En este caso se propuso analizar los impactos del glifosato tanto en la salud humana como en el medio ambiente; se consideró la amplitud de la investigación a partir de la definición de preguntas de investigación; se definió la metodología de análisis y las fuentes de información requerida según su naturaleza. Al momento de realizar la búsqueda, se definieron los términos de búsqueda con el fin de obtener información relevante y objetiva; se especificaron los criterios de selección de los artículos y se consignaron los argumentos relevantes de los artículos seleccionados, que, para el caso, se propuso realizar una matriz en la que se describieron tanto los efectos reportados en la salud, como en el medio ambiente y aquellas observaciones relevantes concluidas en el estudio.

Para la búsqueda en la base de datos PubMed, se utilizó como palabra suplementaria el término “Glyphosate”, se filtró la búsqueda por la información publicada entre 2015 y 2019 y que se refiera a humanos.

Con respecto a la búsqueda de los impactos ambientales, se utilizó la base de datos Science Direct. En la búsqueda en Science Direct se filtró por palabra clave “glyphosate”

AND “environment”, entre los años 2015 y 2019, y los tipos de artículos seleccionados fueron *review articles* y *research articles*.

### **Métodos de revisión**

Los artículos incluidos fueron seleccionados por dos investigadoras de forma conjunta, que revisaron los títulos, resúmenes y conclusiones de todos los artículos identificados para decidir su elegibilidad. De estos artículos seleccionados se analizaron conjuntamente y por consenso se determinó aquellos a incluir. En un formato previamente definido se recopilaron los siguientes datos: autor, título del artículo, año de publicación, tipo de estudio, efectos sobre la salud, medio ambiente, posibles alternativas al uso del glifosato y observaciones.

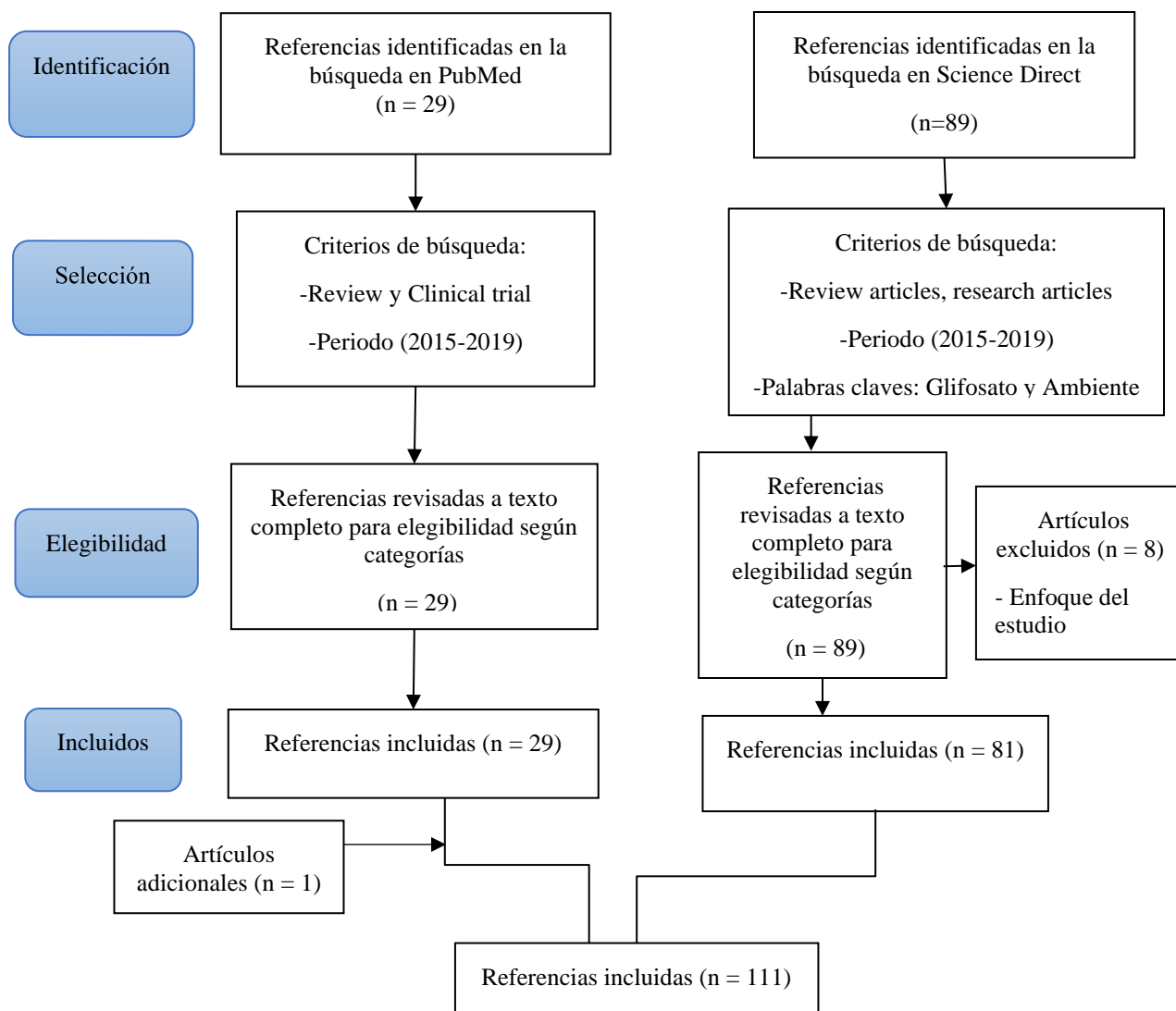
### **Análisis de la información**

Para el análisis de la información se realizaron clusters y agrupación cualitativa de la información recolectada, que conllevaron a caracterizar los efectos del glifosato sobre la salud humana y el medio ambiente. Dicha agrupación de la información permitió tener conceptos más completos y desde diferentes perspectivas, pues se alimentó de varios artículos que desarrollaron hipótesis diversas. La revisión efectuada se estructuró con base a la variedad de hipótesis planteadas en los estudios seleccionados, sustentado en una metodología de carácter cualitativo.

## **RESULTADOS**

De acuerdo con la estrategia de búsqueda anteriormente mencionada, se encontraron 29 artículos relacionados con los efectos sobre la salud humana y 89 resultados relacionados con los impactos sobre el medio ambiente. Los aspectos de mayor relevancia de dichos estudios se encuentran registrados en la matriz bibliográfica, Anexo 1. Dichos artículos se agruparon en categorías según su afinidad y, posteriormente, se procedió a evaluar su pertinencia. Se decidió no incluir 8 de ellos, dado que no orientaban el análisis hacia el herbicida glifosato sino hacia otras temáticas. Dichos artículos fueron categorizados en la matriz como “No aplican al contexto”. En total se incluyeron 110 artículos y uno adicional que fue identificado como relevante, dado que refleja una visión de los impactos del uso del glifosato en la erradicación de cultivos de uso ilícito.

A continuación, se resume la selección de los artículos en la gráfica 1.



Gráfica 1. Selección de artículos

Para los artículos relacionados con los efectos del uso del glifosato en la salud humana se obtuvieron las siguientes categorías:

1. Aborto y salud reproductiva: Se encontraron 2 artículos que estudian los efectos del glifosato en la reproducción humana y su posible incidencia durante el embarazo.
2. Cáncer: Los 8 artículos reportan síntomas y diagnósticos positivos relacionados con el potencial carcinógeno del glifosato.

3. Opinión: Los 2 estudios realizan una crítica sobre la información reportada por otras entidades respecto a la toxicidad del glifosato.
4. Regulación: Los 2 artículos orientan su análisis a la validez de las regulaciones existentes para el uso del glifosato.
5. Revisión general: Se evaluaron 2 estudios referentes a una revisión bibliográfica sobre los efectos del glifosato en la salud humana.
6. Toxicología: Los 12 artículos se enfocan en analizar la toxicología asociada al glifosato.

Con respecto al área ambiental, las categorías corresponden a:

1. Alternativas: Se encontraron 16 artículos relacionados con técnicas para la cuantificación y biodegradación en el medio ambiente del glifosato.
2. Ensayo de aguas y animales: En este artículo se analizaron los efectos del glifosato sobre la fauna bentónica, teniendo en cuenta la actividad económica es la horticultura.
3. Ensayos en animales: De los 29 estudios encontrados se analizaron los efectos del glifosato sobre especies como ratones, peces, moluscos y anfibios.
4. Ensayos en plantas: Los 10 artículos mencionan diferentes hallazgos en plantas acuáticas principalmente, pero también en cultivos como maíz.
5. Estudio en aguas: Los 4 estudios reportaron análisis en la matriz agua, que incluyen metodologías de identificación de presencia de glifosato y métodos de degradación de este.
6. Estudio en suelos: De estos 11 artículos se identificaron técnicas analíticas para la cuantificación y biodegradación del glifosato en esta matriz.
7. Estudio en suelos y agua: Un estudio describe técnicas analíticas para cuantificar y para biorremediar suelos y acuíferos contaminados con glifosato a partir de microorganismos.
8. Revisión general: Este único estudio 1 menciona de manera general los efectos sobre el medio ambiente (fauna, agua y suelo).

De los 111 estudios que se analizaron, tal y como se observa en la gráfica 2, el 49% no reportó algún impacto en la salud ni en el medio ambiente derivado del uso de glifosato, el 48% sí señaló efectos y un 3% no entregó conclusiones relevantes. Con respecto al año de publicación del estudio, entre los estudios analizados se observó un aumento considerable entre los estudios que datan del año 2015 y aquellos del 2019, lo cual podría reflejar un mayor interés en la actualidad por investigar temas asociados a los efectos del uso del glifosato en actividades antropogénicas.



Gráfica 2. Resultados de los artículos

De acuerdo con el análisis de información sobre los efectos del uso de glifosato en la salud humana, se pudo establecer que ninguno de los artículos revisados reporta efectos negativos derivados de su uso como método de erradicación de cultivos ilícitos.

Por su parte, de los 7 artículos que reportan información asociada al diagnóstico positivo de cáncer, adicionalmente 4 de ellos, Greim. H, et al (11), Kier LD (12), Chang ET, Delzell E (13), Infante PF et al (14) concluyen que el glifosato no representa un riesgo para

la salud, uno de ellos argumenta que sí hay riesgos y, 2 de ellos no tienen una respuesta clara sobre los impactos. Sumado a esto, 9 de los 12 artículos que reportan alguna información relacionada con la toxicología, indican que, sí hay efectos nocivos para la salud producto del uso del glifosato, sin embargo, McGuire MK et al (13) señalan que no, y 2 de ellos no presentan conclusiones relevantes Bai SH, Ogbourne SM. (15), Gillezeau C et al (16). Entre los efectos reportados en la salud por toxicidad se incluyen estrés oxidativo, fallo respiratorio, arritmias, lesión renal aguda y alteraciones genéticas, entre otros.

Con relación a los estudios en animales, Bridi et al (17) y Zhang et al (18) indican que los peces cebra son la especie que más se emplea en este tipo de investigaciones, así como los anfibios que son biomarcadores sensibles para la detección de la presencia del glifosato en ambientes acuáticos. De igual manera, las plantas acuáticas también son utilizadas para rastrear la presencia de este herbicida, que de acuerdo con Travaglia, et al (19), estas permiten la biodegradación debido a la solubilización de la sal isopropilamina y la metabolización del glifosato en esta matriz.

## DISCUSIÓN

En Colombia en el año 2015, se prohibió el uso del glifosato en la erradicación de cultivos de uso ilícito, producto de la publicación realizada por la Organización Mundial de la Salud (20) dado que el mecanismo empleado, la aspersión aérea, es considerado una práctica inadecuada en términos ambientales y sociales, ya que puede generar impactos relevantes sobre especies vegetales y animales que no son objetivo de erradicación, así como en el suelo y fuentes hídricas (5). Tal es el caso de los campesinos del Putumayo, quienes sufrieron los efectos colaterales de la aspersión de glifosato, según lo reportado por Lyons en el año 2017.

Frente a esto, la Corte Constitucional en el 2017 exigió pruebas científicas válidas, en las que se indique y demuestre la ausencia de efectos negativos y riesgos para la salud humana y el medio ambiente, sin embargo, durante el presente año se manifestó indicando que, el Consejo Nacional de Estupefacientes debe evaluar según la información existente sobre los efectos del glifosato, la pertinencia de su uso, con el fin de dar respuesta al problema de la producción de cultivos de uso ilícito. Vale la pena mencionar la política integral para enfrentar el problema de las drogas: Ruta Futuro, en la que se argumenta que “por cada litro de Glifosato utilizado para la erradicación del cultivo de coca, se aplican 3,2 veces más de otros plaguicidas para el cuidado de los cultivos ilícitos (insecticidas, fertilizantes foliares)” (21), que justifica la aprobación de su uso como alternativa.

Aunque en los artículos revisados, se encontraron estudios que mencionen la toxicidad y los efectos negativos de los herbicidas a base de glifosato, estos no son suficientes y tampoco concluyentes, principalmente debido a que no se han establecido métodos y técnicas estandarizadas que permitan determinar su presencia en matrices ambientales como agua y suelo. Tal es el caso de las metodologías empleadas entre el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC), la Autoridad Europea para la Seguridad de los Alimentos (EFSA) y la Autoridad de Protección Ambiental de Nueva Zelanda (NZEPA), las



cuales difieren considerablemente en las técnicas de análisis, y que, traen como resultado conclusiones opuestas (22,23). Es importante tener en cuenta que los herbicidas a base de glifosato contienen además coadyuvantes y surfactantes, que potencian su acción, y que, según Santos W, et al (24) son los que generan mayores impactos negativos.

Por otra parte, algunos autores reportan inconsistencias relacionadas con la integridad científica y la veracidad de la información que se ha publicado en algunas revistas en lo concerniente a los efectos negativos del glifosato. McHenry LB (25) y Beatriz Sosa, et al. (26), han afirmado que Monsanto ha sido autor de diversas publicaciones y que, en algunos de los estudios, se han desviado sus resultados con el objeto de ocultar sus efectos y toxicidad (14,23). Esta práctica pone en riesgo la salud humana y los ecosistemas, dado que podría comprometer la disponibilidad y calidad ambiental de los recursos naturales.

Con respecto a las alternativas o sustitutos identificados, Zhan H. et al. (27), Yongcan Jiang et al. (28), Junhao Qin et al. (29), Ying Yang et al. (30), Daniele la Cecilia junto a Federico Maggi (31) y Bin Xu et al.,(32) , proponen degradar el contaminante a través de microorganismos y métodos experimentales que permiten la disminución de las concentraciones en las matrices ambientales como suelo y agua. En el contexto nacional el Gobierno propuso la creación del Plan Nacional Integral de Sustitución de Cultivos de Uso Ilícito (PNIS) en el año 2015, el cual, entre sus muchas propuestas, busca “impulsar la construcción de proyectos productivos sostenibles como alternativa a los cultivos de uso ilícito en el país” (18) y que aún está vigente en el marco del *Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera* (33). Si bien, dicha estrategia no es tan eficaz como la aspersion con glifosato en términos de cantidad de cultivos erradicados por unidad de tiempo, debido a que en algunos territorios donde se ha implementado ha generado oportunidades de empleo a los campesinos y se ha percibido como una oportunidad de progreso.

De igual manera, Colombia adoptó los Objetivos de Desarrollo Sostenible en 2015, con el fin de garantizar la reducción de la pobreza, proteger el planeta y asegurar la paz que, en materia ambiental, implica la promoción de la sostenibilidad y la protección de los recursos naturales. Teniendo en cuenta que a 2030, se plantean metas como: “2. Poner fin al hambre, conseguir la seguridad alimentaria y una mejor nutrición, y promover la agricultura sostenible” (34), para su cumplimiento es necesario evaluar la pertinencia de herbicidas a base de glifosato, dado que no se tiene certeza de su toxicidad, así como evaluar la posibilidad de proponer alternativas que respondan a los compromisos ambientales asumidos por el país y que fortalezcan la riqueza en biodiversidad.

Durante el desarrollo de la investigación, la búsqueda no se centró únicamente en artículos con temáticas relacionadas con los efectos generados a partir del uso del herbicida como estrategia de erradicación en cultivos de uso ilícito, sino que se amplió el umbral dado que para este contenido en específico no se reportan fuentes oficiales tales como revistas indexadas. Lo anterior orientó la estrategia y búsqueda hacia los efectos generales del glifosato en la salud humana y en el medio ambiente, ya que esto permitió ampliar el alcance con respecto a la consulta de bibliografía disponible.

## **CONCLUSIONES**

De acuerdo con la revisión efectuada, fue posible realizar la identificación y clasificación de los posibles efectos generados a partir del uso y exposición al glifosato, sin embargo, no hay evidencia concluyente sobre los efectos del uso del glifosato como método de erradicación en cultivos ilícitos. Igualmente, se percibe la necesidad de establecer y definir métodos analíticos estándar que permitan determinar concentraciones y dosis del contaminante bajo un mismo criterio técnico asegurando la comparación inter-laboratorios, disminuyendo a su vez la incertidumbre en las mediciones.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Campuzano Cortina C, Feijoó Fonnegra LM, Manzur Pineda K, Muñoz MP, Rendón Fonnegra J, Zapata Díaz JP. Efectos de la intoxicación por glifosato en la población agrícola : revisión de tema Effects of glyphosate intoxication in farming population : topic review. Rev CES Salud Pública. 2017;8 (1):121–33.
2. Hernández-Ríos I, Vasco-Leal JF, Mosquera-Artamonov JD, Acosta-Osorio AA, Torres-Aquino M, E.J G-H. Uso del glifosato y los cultivos transgénicos resistentes. 2018;11:112–7.
3. MINAMBIENTE, MINSALUD. PARTE I GLIFOSATO [Internet]. 2014 [cited 2019 Mar 17]. Available from: [https://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/portal\\_doc\\_interes//191\\_Parte I Glifosato.pdf](https://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/portal_doc_interes//191_Parte_I_Glifosato.pdf)
4. Vargas Manrique CE. Cultivos ilícitos y erradicación forzosa en Colombia. Cuad Econ [Internet]. 2004 [cited 2019 May 22];23(41):109–41. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/ceco/v23n41/v23n41a05.pdf>
5. Lyons KM. Guerra química en Colombia, ecologías de la evidencia y senti-actuar prácticas de justicia. Univ Humanística. 2017;84(84).
6. Muñoz EB. La “Suspensión” del glifosato en la erradicación de cultivos ilícitos en Colombia: ¿Una solución humanitaria o un cambio para que todo siga igual? Univ Católica Colomb [Internet]. 2015 [cited 2019 Apr 8];1–37. Available from: [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/4372/4/Suspensión del glifosato en Colombia pdf.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/4372/4/Suspensión%20del%20glifosato%20en%20Colombia.pdf.pdf)
7. Idrovo AJ. De la erradicación de cultivos ilícitos a la erradicación del glifosato en Colombia. Rev la Univ Ind Santander Salud [Internet]. 2010;47(2):113–4. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-08072015000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-08072015000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

8. Corte Constitucional de Colombia. Sentencia T-080-17 [Internet]. 2017 [cited 2019 Aug 29]. Available from: <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2017/t-080-17.htm>
9. Corte Constitucional de Colombia. Sentencia T-236-17 [Internet]. 2017 [cited 2019 Aug 29]. Available from: <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2017/T-236-17.htm>
10. Siddaway AP, Wood AM, Hedges L V. How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. *Annu Rev Psychol*. 2019;70(1):747–70.
11. Greim H, Saltmiras D, Mostert V, Strupp C. Evaluation of carcinogenic potential of the herbicide glyphosate, drawing on tumor incidence data from fourteen chronic/carcinogenicity rodent studies. *Crit Rev Toxicol* [Internet]. 2015 Mar [cited 2019 Nov 28];45(3):185–208. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25716480>
12. Kier LD. Review of genotoxicity biomonitoring studies of glyphosate-based formulations. *Crit Rev Toxicol* [Internet]. 2015 Mar [cited 2019 Nov 28];45(3):209–18. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25687244>
13. Chang ET, Delzell E. Systematic review and meta-analysis of glyphosate exposure and risk of lymphohematopoietic cancers. *J Environ Sci Health B* [Internet]. 2016 [cited 2019 Nov 28];51(6):402–34. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27015139>
14. Infante PF, Melnick R, Vainio H, Huff J. Commentary: IARC Monographs Program and public health under siege by corporate interests. *Am J Ind Med*. 2018;61(4):277–81.
15. Bai SH, Ogbourne SM. Glyphosate: environmental contamination, toxicity and potential risks to human health via food contamination. *Environ Sci Pollut Res Int* [Internet]. 2016 Oct [cited 2019 Nov 28];23(19):18988–9001. Available from:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27541149>

16. Gillezeau C, Van Gerwen M, Shaffer RM, Rana I, Zhang L, Sheppard L, et al. The evidence of human exposure to glyphosate: A review. Vol. 18, *Environmental Health: A Global Access Science Source*. BioMed Central Ltd.; 2019.
17. Bridi D, Altenhofen S, Gonzalez JB, Reolon GK, Bonan CD. Glyphosate and Roundup® alter morphology and behavior in zebrafish. *Toxicology*. 2017 Dec 1;392:32–9.
18. Zhang S, Xu J, Kuang X, Li S, Li X, Chen D, et al. Biological impacts of glyphosate on morphology, embryo biomechanics and larval behavior in zebrafish (*Danio rerio*). *Chemosphere*. 2017;181:270–80.
19. Travaglia C, Masciarelli O, Fortuna J, Marchetti G, Cardozo P, Lucero M, et al. Towards sustainable maize production: Glyphosate detoxification by *Azospirillum* sp. and *Pseudomonas* sp. *Crop Prot*. 2015;77:102–9.
20. IARC (International Agency for Research on Cancer). IARC Monographs – 112. GLYPHOSATE [Internet]. 2016 [cited 2019 May 27]. Available from: <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono112-10.pdf>
21. Ministerio de Justicia. Ruta Futuro: Política Integral para Enfrentar el Problema de las Drogas. 2018; Available from: [http://www.minjusticia.gov.co/Portals/0/Documentos/RUTA\\_FUTURO\\_POLITICA\\_INTEGRAL.pdf](http://www.minjusticia.gov.co/Portals/0/Documentos/RUTA_FUTURO_POLITICA_INTEGRAL.pdf)
22. Tarazona J V., Court-Marques D, Tiramani M, Reich H, Pfeil R, Istace F, et al. Glyphosate toxicity and carcinogenicity: a review of the scientific basis of the European Union assessment and its differences with IARC. *Arch Toxicol*. 2017;91(8):2723–43.
23. Douwes J1, 't Mannelje A1, McLean D1, Pearce N2, Woodward A3 PJ. Carcinogenicity of glyphosate: why is New Zealand's EPA lost in the weeds? *N Z Med J*. 2018;131(1472):82–9.

24. Weeks Santos S, Gonzalez P, Cormier B, Mazzella N, Bonnaud B, Morin S, et al. A glyphosate-based herbicide induces sub-lethal effects in early life stages and liver cell line of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquat Toxicol*. 2019 Nov 1;216.
25. McHenry LB. The Monsanto Papers: Poisoning the scientific well. *Int J Risk Saf Med*. 2018;29(3–4):193–205.
26. Sosa B, Fontans-Álvarez E, Romero D, da Fonseca A, Achkar M. Analysis of scientific production on glyphosate: An example of politicization of science. *Sci Total Environ* [Internet]. 2019;681:541–50. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.379>
27. Zhan H, Feng Y, Fan X, Chen S. Recent advances in glyphosate biodegradation. Vol. 102, *Applied Microbiology and Biotechnology*. Springer Verlag; 2018. p. 5033–43.
28. Jiang Y, Kang N, Zhou Y, Liu G, Zhu D. The role of Fe(III) on phosphate released during the photo-decomposition of organic phosphorus in deionized and natural waters. *Chemosphere*. 2016 Dec 1;164:208–14.
29. Qin J, Li Y, Li S, Li H, Lin C. Potential effects of rainwater-borne H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on competitive degradation of herbicides and in the presence of humic acid. *Chemosphere*. 2017 Mar 1;170:146–52.
30. Yang Y, Deng Q, Yan W, Jing C, Zhang Y. Comparative study of glyphosate removal on goethite and magnetite: Adsorption and photo-degradation. *Chem Eng J*. 2018 Nov 15;352:581–9.
31. la Cecilia D, Maggi F. Analysis of glyphosate degradation in a soil microcosm. *Environ Pollut*. 2018 Feb 1;233:201–7.
32. Xu B, Sun QJ, Lan JCW, Chen WM, Hsueh CC, Chen BY. Exploring the glyphosate-degrading characteristics of a newly isolated, highly adapted indigenous bacterial strain, *Providencia rettgeri* GDB 1. *J Biosci Bioeng*. 2019 Jul 1;128(1):80–7.
33. OFICINA DE ALTO COMISIONADO PARA LA PAZ. Acuerdo Final para la

Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera. 2016.

34. DNP Departamento Nacional de Planeación. Objetivos de Desarrollo Sostenible [Internet]. 2019. Available from: <https://www.ods.gov.co/es/objetivos/hambre-cero>



## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Matriz bibliográfica. Archivo de Excel.