

## Artículo de revisión

# Impactos ambientales y efectos en la salud humana generados a partir del uso de glifosato

*Environmental impacts and effects on human health from the use of glyphosate*

Jessica Paola Moná Nieto<sup>1</sup> ✉, Sonia Bibiana Cortés Pedraza<sup>1</sup> ✉, Jaime Alejandro Hincapie García<sup>2</sup> ✉

## Fecha correspondencia:

Recibido: septiembre 27 de 2019.

Aceptado: enero 27 de 2020.

## Forma de citar:

Mona JP, Cortés SB, Hincapie JA. Impactos ambientales y efectos en la salud humana generados a partir del uso de glifosato. Rev CES Salud Pública. 2018; 9(1): 36-50.

## Open access

© Copyright

Licencia creative commons

Ética de publicaciones

Revisión por pares

Gestión por Open Journal System

ISSN: 2145-9932

## Sobre los autores:

1. Facultad de Ingeniería,  
Universidad de Antioquia,  
Medellín, Colombia.  
Especialista Gestión Ambiental.

2. Grupo de investigación PyP  
Farmacéutica. Universidad de  
Antioquia, Medellín, Colombia.

## Resumen

El glifosato ha sido empleado como herbicida a nivel mundial en actividades agrícolas desde 1974. En Colombia ha sido utilizado como método de erradicación de cultivos de uso ilícito desde 1978. Mediante esta práctica se obtuvieron resultados relevantes en cuanto a la disminución de dichos cultivos, sin embargo, se han reportado riesgos y efectos tóxicos sobre la salud humana y para el medio ambiente, debido a la contaminación de fuentes hídricas y suelos, derivada de esta práctica. **Objetivo:** Realizar un scoping review de los posibles efectos en la salud y en el ambiente producto del uso del glifosato en la erradicación de cultivos de uso ilícito. **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, con un periodo de publicación no mayor a 5 años (2015-2019). **Resultados:** De acuerdo con la información relacionada con la salud humana, los estudios indican que el uso del glifosato puede derivar efectos teratogénicos, tumorígenos y hepatorrenales, sin embargo, no es muy clara la evidencia con respecto a la generación de enfermedades como el cáncer. Para los efectos en el medio ambiente se encontró que puede reducir el alargamiento de la raíz en plantas y puede provocar disminución en la frecuencia cardíaca y estrés oxidativo en especies acuáticas. **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 de uso ilícito, además se identifica la necesidad de realizar estudios específicos y definir metodologías homologadas para el análisis en la determinación del contaminante.

**Palabras clave:** ambiente, salud, herbicidas.

## Abstract

Glyphosate has been used as an herbicide worldwide, mainly in agricultural activities since 1974. In Colombia, it has been used as a method for eradicating illicit crops since 1978. This practice brought relevant results in terms of reduction of yields for illegal use crops cultivation. However, toxic risks and effects have been reported for human health and the environment, due to contamination of water sources and soils, resulting from

this practice. **Objective:** To carry out a scoping review on the possible effects on health and the environment resulting from glyphosate use in the eradication of crops for illegal use. **Methods:** A scoping review of information published in databases, with search criteria associated with effects on human health and the environment, was conducted with a publication period of not more than five years (2015-2019). **Results:** According to information related to human health, studies indicate that glyphosate use may derive teratogenic, tumorigenic, and hepatorenal effects; however, the evidence of its relationship with the origin of diseases such as cancer is not very clear. Environmental impacts were found to reduce root elongation in plants and lead to decrease heart rate and oxidative stress in aquatic species. **Conclusions:** The review does not reveal conclusive studies that report effects on human health and the environment derived from the glyphosate use in the eradication of crops for illicit use. We identify the need for specific studies and defined approved methodologies for scientific analysis to determine the pollutant.

**Keywords:** environment, herbicides, health.

## Introducción

El glifosato es un herbicida sistémico no selectivo de amplio espectro, patentado por la empresa Monsanto bajo el nombre comercial RoundUp (1) en 1974 (2), el cual ha sido utilizado para eliminar y remover malezas (3). En Colombia, en el año 1978 durante el gobierno de Julio César Turbay como respuesta al incremento de los cultivos de uso ilícito, se utilizó por primera vez como herramienta para la erradicación de cultivos de marihuana en la Sierra Nevada de Santa Marta (4). Desde entonces, y como lo fue en el año 1994 con el Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante aspersión aérea con Glifosato (PEGIC), reglamentado por el Consejo Nacional de Estupefacientes (5) y en el año 1999, con el establecimiento del Plan Colombia (6), se intensificó el uso de herbicidas a base de glifosato en la erradicación de cultivos de uso ilícito mediante aspersión aérea.

Si bien, en los inicios de la implementación de esta técnica se evidenció la disminución en el número de hectáreas cultivadas, con el tiempo 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 (6). Por su parte, las comunidades objeto de aspersión tuvieron una percepción negativa frente a la estrategia, debido a 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 (7). Sumado a esto, en el compromiso realizado con Estados Unidos para el desarrollo del plan, se creó un fondo para los afectados por el herbicida, sin embargo, se reporta que en 10 años de aplicación fueron reconocidos apenas el 1% de los casos reportados ante ese fondo (4).

En el año 2005, producto de las polémicas derivadas por el uso del glifosato, Colombia le solicitó a la Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas de la Organización de Estados Americanos un estudio que validara la toxicidad del herbicida, en el que se declaró que el glifosato no representaba peligro alguno. No obstante, en el año 2013 Colombia "reconoció su responsabilidad en daños ambientales y afectaciones a la salud de la comunidad fronteriza" debido al uso del glifosato en zonas fronterizas con Ecuador, comprometiéndose a revisar su política de fumigaciones en la frontera e indemnizar al Estado ecuatoriano (4).

Hacia el año 2015 la Organización Mundial de la Salud declaró que el glifosato representa un alto riesgo para la salud de las personas (8) y es a partir de esta publicación que 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 Consejo Nacional de Estupefacientes y la Resolución 1214 de 2015 expedida por la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Posteriormente, 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 (9,10). 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 al 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 propuso la Política integral para enfrentar el problema de las drogas, Ruta Futuro. Dicha política, entre otras cosas, busca generar "acciones orientadas a avanzar de manera sostenible hacia la conformación de territorios con baja probabilidad de presencia de cultivos ilícitos y de alta capacidad para enfrentar la presencia de los mismos, mediante programas de intervención y atención de las causas estructurales para generar sostenibilidad" y afirma 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)" (11).

Si bien en Colombia a finales del año 2019, luego de que la Corte Constitucional a través del Auto 387/19 precisara y actualizara las condiciones para la reanudación de la aspersión aérea con glifosato (12), la Policía Nacional solicitó a la ANLA modificación del Plan de Manejo Ambiental del programa de erradicación de cultivos ilícitos mediante aspersión aérea con el herbicida Glifosato - PECIG, para el desarrollo del "Programa de erradicación de Cultivos Ilícitos Mediante la Aspersión Aérea con el Herbicida Glifosato- PECIG." (13), a la fecha no parece existir aún evidencia concluyente sobre los impactos del uso de dicho herbicida. 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.

## **Materiales y métodos**

Se realizó un scoping review de información científica sobre los impactos en la salud y el medio ambiente a partir del uso del glifosato, publicados en el periodo comprendido entre 2015 y 2019. Para ello se agruparon los estudios con características similares o que trataran de un tema en particular y se efectuó un análisis integral de los hallazgos. 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 (14), la cual plantea un método de revisión, se adoptó el siguiente esquema de trabajo: en primer lugar, se definió el alcance con respecto a la temática que se iba a trabajar y se plantearon dos preguntas: ¿Cuáles son los efectos en la salud humana del glifosato? y ¿Cuáles los impactos ambientales del mismo? Seguidamente se precisaron los términos de búsqueda con el fin de obtener información relevante y objetiva, así mismo, se especificaron los criterios de selección de los artículos.

Además se analizaron los impactos del glifosato tanto en la salud humana como en el medio ambiente, considerando la amplitud de la investigación a partir de la definición de preguntas de investigación y se puntualizó la metodología de análisis y las fuentes de información requerida según su naturaleza, y finalmente se consignaron los argumentos sobresalientes de los artículos seleccionados en una matriz en la que se describieron tanto los efectos reportados en la salud, como en el medio ambiente y otras observaciones destacadas.

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

Con respecto a la búsqueda de los impactos ambientales, se utilizó la base de datos Science Direct y 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, asimismo estos se analizaron conjuntamente y por consenso se determinó aquellos a incluir. Mediante 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.

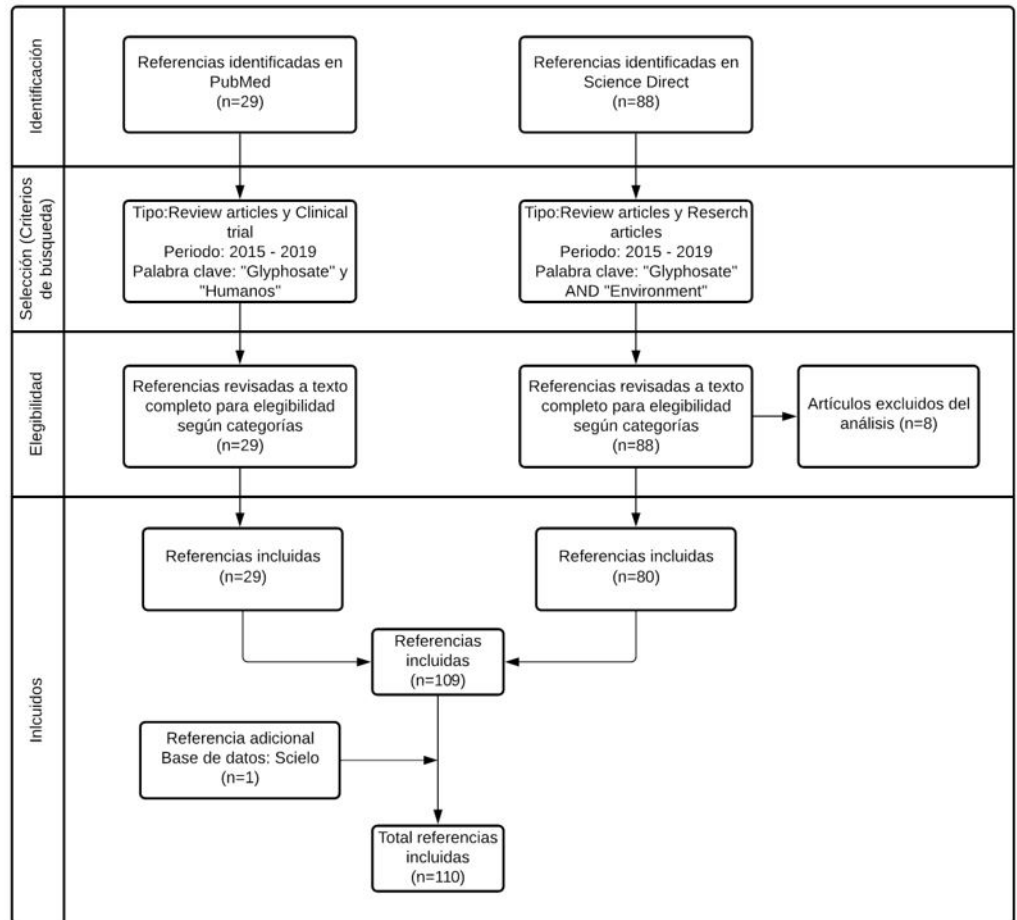
### **Análisis de información**

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.

### **Resultados**

De acuerdo con la estrategia de búsqueda anteriormente mencionada, se encontraron 29 (veintinueve) artículos relacionados con los efectos sobre la salud humana y 88 (ochenta y ocho) resultados asociados con los impactos sobre el medio ambiente. Dichos artículos se agruparon en categorías y, posteriormente, se procedió a evaluar su pertinencia. Se decidió no incluir 8 (ocho) de ellos, dado que no contenían información relacionada con el herbicida glifosato sino hacia otras temáticas y fueron categorizados como "No aplican al contexto". En total se incluyeron 110 (ciento diez) artículos y uno adicional que fue identificado como relevante, debido a que refleja una visión de los impactos del uso del glifosato en la erradicación de cultivos de uso ilícito en el país, el cual está registrado en la base de datos del buscador Scielo.

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



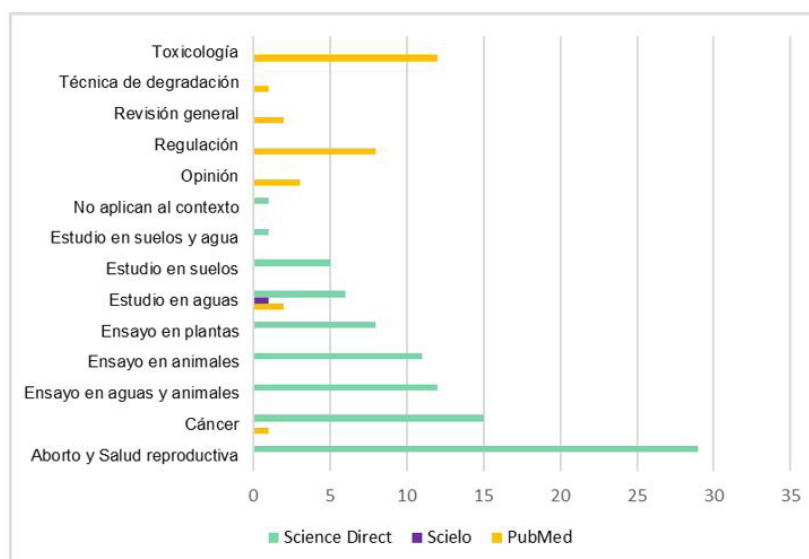
**Gráfica 1.** Esquema de selección de artículos. Fuente: elaboración propia en software LucidChart.

Para los artículos relacionados con los efectos del uso del glifosato en la salud humana se obtuvieron las siguientes categorías, tal y como se indica en la Gráfica 2:

- Aborto y salud reproductiva: Se encontraron 3 (tres) artículos que estudian los efectos del glifosato en la reproducción humana y su posible incidencia durante el embarazo.
- Cáncer: Se encontraron 8 (ocho) artículos que reportan síntomas y diagnósticos positivos relacionados con el potencial carcinógeno del glifosato.
- Opinión: Se encontraron 2 (dos) estudios que realizan una crítica sobre la información reportada por otras entidades respecto a la toxicidad del glifosato.
- Regulación: Se encontró 1 (un) artículo que orienta su análisis a la validez de las regulaciones existentes para el uso del glifosato.
- Toxicología: Se encontraron 12 (doce) artículos que se enfocan en analizar la toxicología asociada al glifosato. Nueve de ellos reportan que el uso del glifosato causa efectos negativos en la salud como lesión renal, intoxicación mitocondrial, disrupción endocrina, estrés oxidativo y daño en los pulmones.

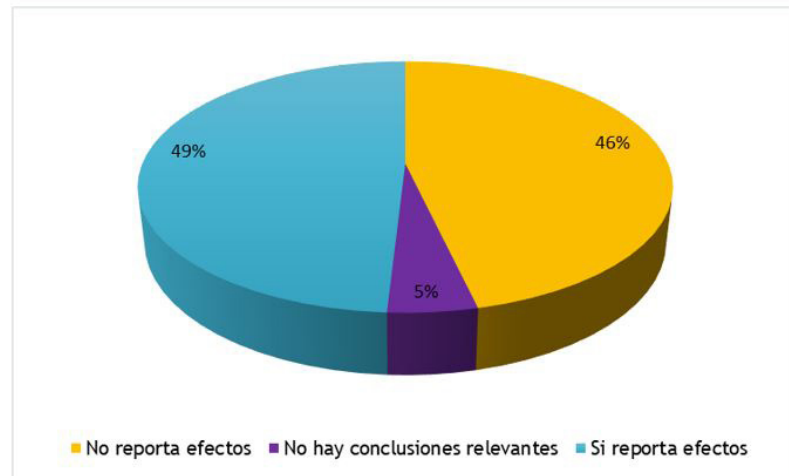
Con respecto a los efectos en el medio ambiente, las categorías corresponden a:

- Técnica de degradación: Se encontraron 16 (dieciséis) artículos relacionados con técnicas para la cuantificación y biodegradación en el medio ambiente del glifosato.
- Ensayo en aguas y animales: Se encontró 1 (un) artículo donde se analizaron los efectos del glifosato en aguas y animales.
- Ensayo en animales: Se encontraron 29 (veintinueve) estudios los cuales analizaron los efectos del glifosato sobre especies como roedores, peces, moluscos y anfibios.
- Ensayo en plantas: Se encontraron 11 (once) artículos que mencionan diferentes hallazgos en plantas.
- Estudio en aguas: Se encontraron 5 (cinco) estudios los cuales reportaron el análisis en la matriz agua, que incluyen metodologías de identificación de presencia de glifosato y métodos de degradación de este.
- Estudio en suelos: Se encontraron 12 (doce) artículos donde se identificaron técnicas analíticas para la cuantificación y biodegradación del glifosato en esta matriz.
- Estudio en suelos y agua: Se encontró 1 (un) estudio que describe técnicas analíticas para cuantificar y biorremediar suelos y acuíferos contaminados con glifosato a partir de microorganismos.
- Revisión general: Se encontraron 9 (nueve) artículos en esta categoría, en los cuales se reporta que el glifosato puede ser tóxico, se revela que se ha identificado interferencia en la validez de la información de ciertos artículos publicados sobre los efectos del glifosato; se cuestionan las regulaciones impuestas por los gobiernos para el control del uso de plaguicidas y uno de ellos expone la percepción de los campesinos del Departamento del Putumayo sobre la aspersión aérea de glifosato en su territorio.



**Gráfica 2.** Compilado de resultados por buscador.

Como puede verse en la Gráfica 3, de los 110 (ciento diez) estudios analizados el 46 % no reportó algún impacto en la salud ni en el medio ambiente derivado del uso de glifosato, el 49 % sí señaló efectos y un 5 % no entregó conclusiones relevantes.



**Gráfica 3.** Reporte de resultados en porcentaje de los artículos.

De acuerdo con el análisis de información, se identificó que en el 2017 Lyons (7) publicó un artículo que menciona puntualmente los efectos del glifosato en la salud humana derivados de su aplicación como método de erradicación de cultivos de uso ilícito, debido a que la técnica de aspersión aérea considera variables como velocidad del avión y de los vientos, las cuales impactaron los cultivos cercanos y la fauna nativa.

Por su parte, de los 8 artículos que reportan información asociada al diagnóstico de cáncer, 5 de ellos concluyen que el glifosato no representa un riesgo para la salud y uno, Infante et al. (15) afirma que sí hay evidencia suficiente sobre el glifosato como causante de cáncer en animales, pero limitada en humanos para el linfoma de Hodgkin, y 2 artículos no reportan conclusiones relevantes.

En la categoría de toxicología, 9 de los 12 artículos reportan alguna información relacionada que indica que, sí hay efectos nocivos para la salud producto del uso del glifosato, tal y como lo indica Gress et al. (16) en algunos países los agricultores se han envenenado con el uso de herbicidas a base de glifosato; entre los efectos más comunes derivados por intoxicación se encuentran arritmias, lesión renal aguda (17), neumonía aguda fibrinosa (18), fallo respiratorio e hipotensión (19). A H C Van Bruggen et al. (20) concluyen también que los productos formulados a base de glifosato son más tóxicos que el glifosato per se, dado que estos contienen en su composición surfactantes. Sin embargo, McGuire MK et al. (21) concluyen que no, dado que el AMPA no es detectable en la leche materna y por ende la exposición al glifosato en la dieta no es un problema de salud para los lactantes, y 2 (dos) de estos, Bai et al. (22), Gillezeau et al. (23), no presentan conclusiones relevantes.

Con relación a los ensayos en animales, se encontró que los peces así como los anfibios son biomarcadores muy sensibles que permiten detectar la presencia del glifosato en ambientes acuáticos con mayor certeza, específicamente Bridi et al. (24), Zhang et al. (25), Roy et al. (26) y Lanzarin et al. (27) indican que los peces cebras son la especie donde se identificaron efectos como muerte embrionaria, cambios

en la aurícula y el ventrículo causando así la disminución de la frecuencia cardiaca, además de cambios morfológicos y en el comportamiento durante diferentes etapas de crecimiento. Por otro lado, Ali Sani y Muhammad Khadija Idris (28) mencionan que en el pez gato el glifosato puede inducir a la mortalidad en juveniles e incrementar la hepatotoxicidad.

Con respecto a los anfibios Schaumburg et al. (29) señalan que en el lagarto tegu se presentó un aumento significativo en el daño del ADN a concentraciones mayores a 100 g/huevo, para los moluscos, según Yanggui Xu et al. (30) las exposiciones a largo plazo y a niveles subletales causan la inhibición de la ingesta de alimentos, limitación del crecimiento y alteraciones en los perfiles metabólicos del caracol. Finalmente, Gallegos et al. (31), Baier et al. (32) y Zhang et al. (33), afirman que para las ratas a una exposición temprana se ve afectado al sistema nervioso central que altera los sistemas de neurotransmisores, generando también estrés oxidativo y apoptosis temprana.

Con relación a los ensayos en plantas, Helander et al. (34) concluye que la aplicación de glifosato en las plantas reduce la colonización de micorrizas y el crecimiento de las hierbas objetivo y no objetivo, demostrando que dicho herbicida afecta organismos no objetivo en entornos agrícolas y ecosistemas de pastizales. Por su parte, Pokhrel y Karsai (35) demuestran en su investigación que las plantas sufren estrés con aplicaciones de RoundUp dentro del régimen de dosis baja. Nian Liu et al. (36) concluyen que la toxicidad del herbicida está relacionada con la concentración, evidenciando que la presencia de glifosato afectó el crecimiento y la respuesta fisiológica de la planta analizada. Por otra parte, se identificó que las plantas acuáticas también son utilizadas para rastrear la presencia de este herbicida, ya que de acuerdo con Travaglia et al. (37), estas permiten la biodegradación debido a la solubilización de la sal isopropilamina y la metabolización del glifosato en esta matriz.

Para los estudios en suelos, Nguyen et al. (38) determinaron que existe una relación entre algunas propiedades del suelo como la acidez intercambiable, que favorece la mineralización del glifosato en una tasa del 7 - 70%. Además, Caceres-Jensen et al. (39) indican que la cinética de adsorción del glifosato y el tipo de suelo Andisol presenta una alta difusión intrapartícula en macroporos y microporos.

Con respecto a las técnicas de degradación del glifosato, Zhan et al. (40), Jiang et al. (41), Junhao Qin et al. (42), Yang et al. (43), la Cecilia et al. (44) y Xu et al. (45), proponen métodos experimentales que permiten la disminución de las concentraciones en las matrices ambientales como suelo y agua a través de microorganismos, incluyendo una nueva cepa bacteriana que puede utilizar el glifosato como fuente de carbono y fósforo. Asimismo, se recomienda evaluar la eficiencia de las enzimas para la degradación.

En lo que respecta a la categoría de ensayo en aguas y animales, Mac Loughlin et al. (46), analizaron los efectos del glifosato en ambientes acuáticos cercanos a las áreas de producción hortícola, mediante la cuantificación de la concentración del herbicida en los sedimentos de fondo y su relación con los efectos letales y subletales en la fauna bentónica, concluyendo que las prácticas hortícolas generan impactos negativos en los cuerpos de agua, provocando riesgos importantes para esta biota.



En la categoría de revisión general, se identifican los siguientes hallazgos Silva et al. (47) y Grandcoin et al. (48) reportan que no se cuenta con investigaciones que profundicen sobre los impactos del glifosato en diferentes matrices y se evidencia la necesidad de estudios que den cuenta de los efectos. Por su parte, McHenry LB., revela que se ha determinado la interferencia en la validez de la información de ciertos artículos publicados que señalan que los efectos del glifosato no son relevantes y Sosa et al. (49) reflejan cómo se ha politizado la ciencia al indicar que durante 30 años se obtuvo en su mayoría información científica del glifosato a través de Monsanto. Además, Benbrook (50) cuestiona las regulaciones impuestas por los gobiernos para el control del uso de plaguicidas, así como, los desafíos y posibles soluciones orientadas hacia el monitoreo, evaluación y manejo de riesgos asociados a la seguridad alimentaria, la salud humana y el medio ambiente.

## Discusión

En los 110 artículos revisados no se halló ningún estudio que mencionara investigaciones efectuadas ni relacionadas con los efectos y los impactos en la salud humana y el medio ambiente, generados por el uso del glifosato para la erradicación de cultivos de uso ilícito en Colombia, de acuerdo con los motores de búsqueda Pub Med y Science Direct. Por lo tanto, la discusión se fundamenta en investigaciones y artículos que indican de manera general, los efectos e impactos del uso del glifosato.

Se identificó la existencia de la norma ISO 16308: 2014 Calidad del agua: Determinación del Glifosato y AMPA - Método de cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) con detección espectrométrica de masas en tándem, la cual reafirmó su vigencia en 2019. Dicha norma aplica para agua potable, agua superficial y agua subterránea, y puede detectar concentraciones entre 0,3 a 1,5 µg/L (51). Asimismo, la Agencia de Protección del Ambiental de Estados Unidos (EPA) en 1991 mediante su método 547 (52) para la determinación de glifosato en agua potable por medio de inyección directa acuosa-HPLC b, derivación post-columna y detección de fluorescencia, define su alcance para agua de grado reactivo, agua subterránea y agua para consumo humano con los límites de detección 6.00, 8.99 y 5.99 µg/L respectivamente.

De igual manera, en algunos artículos se reportan métodos alternos para cuantificar el glifosato y AMPA de manera simultánea, tal es el caso de las metodologías empleadas por 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, lo que trae como resultado conclusiones opuestas (53,54).

Por otra parte y teniendo en cuenta la normatividad ambiental colombiana, la Resolución 2115 de 2007 "Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano" (55) específicamente en su artículo 8, sobre las características químicas relacionadas con los plaguicidas, mencionando su límite máximo permisible que es de 0,0001 mg/L. Sin embargo, dado que dicha norma no menciona de manera concreta el glifosato como un parámetro a medir dentro de los herbicidas, no existe la obligación de realizar el análisis para determinar y cuantificar la presencia de esta sustancia en agua potable.

Asimismo, en la Resolución 1207 de 2014 "Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas" (56) para algunos usos como riego e industrial, existe una categoría especial para la identificación de biocidas, donde menciona específicamente que para el glifosato el límite máximo permisible es de 0,1 µg/. Por el contrario, la Resolución 631 de 2015 "Por la que se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones" (57) indica en su Artículo 7 (siete) referente a los valores límites máximos permisibles de ingredientes activos de plaguicidas de las categorías toxicológicas IA, IB y II en los vertimientos puntuales, en el numeral 1 (uno), que el valor límite máximo presente en el vertimiento es de 1 µg/L.

Resulta paradójico que, para el uso de aguas residuales tratadas la norma exige medir la concentración de glifosato puntualmente, contrario a los parámetros a analizar en el agua para consumo humano, en los que éste no se especifica, pues es probable que las fuentes hídricas tanto superficiales como subterráneas se encuentren contaminadas con este herbicida y que adicionalmente el sistema de potabilización no asegure su remoción, poniendo en riesgo la salud de las comunidades.

Se identificó también que 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 (58) y Sosa et al. (59), 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 (15,54).

Con relación a los impactos negativos relevantes identificados sobre especies vegetales y animales que no eran objeto de erradicación, así como para el suelo y fuentes hídricas, Lyons en el año 2017 reportó, que los campesinos del Putumayo sufrieron los efectos colaterales de la aspersión de glifosato (7), además se afirma que las concentraciones de herbicida aplicadas al territorio excedieron en un 110% a las contenidas en el herbicida comercial RoundUp Ultra, además de incluir en su mezcla dos surfactantes, POEA y Cosmo Flux 411F, que tal y como lo indican Van Bruggen et al. (60). y Santos et al.(61) son los que generan mayores impactos negativos.

## 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 de uso ilícito, además se identifica la necesidad de realizar estudios específicos y definir metodologías homologadas para el análisis en la determinación del contaminante.

## Referencias

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. Rev CES Salud Pública. 2017;8 (1):121–33.
2. Soumis Nicolas. Glyphosate : the World's Most Widely Used Herbicide. Can Assoc Physicians Environ. 2018;(March).

3. 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.
4. Senado de la República. Ponencia para primer debate al proyecto de Ley número 047 de 2019 Senado, "Por el cual se prohíbe el uso del glifosato y sus derivados en la implementación de la política nacional de drogas y se dictan otras disposiciones". Proyecto de Ley Número 047 de 2019 2019 p. 45.
5. Minambiente, Minsalud. Parte I Glifosato [Sitio en internet]. 2014. Hallado en URL: [https://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/portal\\_doc\\_interes//191\\_PartelGlifosato.pdf](https://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/portal_doc_interes//191_PartelGlifosato.pdf)
6. Vargas Manrique CE. Cultivos ilícitos y erradicación forzosa en Colombia. Cuad Econ [Publicación periódica en línea]. 2004 [citada 2019 May 22];23(41):109–41. Hallado en URL: <http://www.scielo.org.co/pdf/ceco/v23n41/v23n41a05.pdf>
7. Lyons KM. Guerra química en Colombia, ecologías de la evidencia y senti-actuar prácticas de justicia. Univ Humanística. 2017;84(84).
8. 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 [Publicación periódica en línea]. 2015 [citada 2019 Apr 8];1–37. Hallado en URL: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/4372/4/Suspensi%C3%B3ndelglifosatoenColombiapdf.pdf>
9. Corte Constitucional de Colombia. Sentencia T-080-17 [Sitio en internet]. 2017 [citada 2019 Aug 29]. Hallado en URL: <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2017/t-080-17.htm>
10. Corte Constitucional de Colombia. Sentencia T-236-17 [Sitio en internet]. 2017 [citada 2019 Aug 29]. Hallado en URL: <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2017/T-236-17.htm>
11. Ministerio de Justicia. Ruta Futuro: Política Integral para Enfrentar el Problema de las Drogas [Sitio en internet]. 2018. Hallado en URL: [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)
12. Corte Constitucional de Colombia. La Corte Constitucional precisó y actualizó las condiciones para la reanudación de la aspersión aérea con glifosato. [Sitio en internet]. Boletín No. 24 Auto 387 de 2019. 2020 [citada 2020 Jun 20]. Hallado en URL: <https://www.corteconstitucional.gov.co/noticia.php?La-Corte-Constitucional-precisó-y-actualizó-las-condiciones-para-la-reanudación-de-la-aspersión-aérea-con-glifosato.-8835>
13. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Plan de Manejo Ambiental para el Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante Aspersión Aérea con el Herbicida Glifosato. In 2019 [citada 2020 Jun 20]. Hallado en URL: <http://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>

14. 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.
15. 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.
16. Gress S, Lemoine S, Séralini GE, Puddu PE. Glyphosate-Based Herbicides Potently Affect Cardiovascular System in Mammals: Review of the Literature. *Cardiovasc Toxicol.* 2015;15(2):117–26.
17. Mohamed F, Endre ZH, Pickering JW, Jayamanne S, Palangasinghe C, Shahmy S, et al. Mechanism-specific injury biomarkers predict nephrotoxicity early following glyphosate surfactant herbicide (GPSH) poisoning. *Toxicol Lett.* 2016 Sep 6;258:1–10.
18. Chen S, Zhou H, Yu L, Tong B, Xiao Z, Fan S. A case of herbicide-induced acute fibrinous and organizing pneumonia? *BMC Pulm Med.* 2017 Dec 13;17(1).
19. Cho YS, Chun BJ, Moon JM. The qSOFA Score: A Simple and Accurate Predictor of Outcome in Patients with Glyphosate Herbicide Poisoning. *Basic Clin Pharmacol Toxicol.* 2018 Nov 1;123(5):615–21.
20. Van Bruggen AHC, He MM, Shin K, Mai V, Jeong KC, Finckh MR, et al. Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. *Sci Total Environ.* 2018;616–617:255–68.
21. Chang ET, Delzell E. Systematic review and meta-analysis of glyphosate exposure and risk of lymphohematopoietic cancers. *J Environ Sci Health B [Publicación periódica en línea].* 2016 [citada 2019 Nov 28];51(6):402–34. Hallado en URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27015139>
22. Bai SH, Ogbourne SM. Glyphosate: environmental contamination, toxicity and potential risks to human health via food contamination. *Environ Sci Pollut Res Int [Publicación periódica en línea].* 2016 Oct [citada 2019 Nov 28];23(19):18988–9001. Hallado en URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27541149>
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. Roy NM, Ochs J, Zambrzycka E, Anderson A. Glyphosate induces cardiovascular toxicity in *Danio rerio*. *Environ Toxicol Pharmacol [Publicación periódica en línea].* 2016 [citada 2020 Jun 21];46:292–300. Hallado en URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.etap.2016.08.010>

27. Lanzarin GAB, Félix LM, Santos D, Venâncio CAS, Monteiro SM. Dose-dependent effects of a glyphosate commercial formulation – Roundup® UltraMax - on the early zebrafish embryogenesis. *Chemosphere* [Publicación periódica en línea]. 2019 May 1 [citada 2020 Jun 21];223:514–22. Hallado en URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30784758/>
28. Sani A, Idris MK. Acute toxicity of herbicide (glyphosate) in *Clarias gariepinus* juveniles. *Toxicol Reports* [Publicación periódica en línea]. 2016 [citada 2020 Jun 21];3:513–5. Hallado en URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28959574/>
29. Schaumburg LG, Siroski PA, Poletta GL, Mudry MD. Genotoxicity induced by Roundup® (Glyphosate) in tegu lizard (*Salvator merianae*) embryos. *Pestic Biochem Physiol* [Publicación periódica en línea]. 2016 Jun 1 [citada 2020 Jun 21];130:71–8. Hallado en URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27155487/>
30. Xu Y, Li AJ, Li K, Qin J, Li H. Effects of glyphosate-based herbicides on survival, development and growth of invasive snail (*Pomacea canaliculata*). *Aquat Toxicol*. 2017 Dec 1;193:136–43.
31. Gallegos CE, Bartos M, Bras C, Gumilar F, Antonelli MC, Minetti A. Exposure to a glyphosate-based herbicide during pregnancy and lactation induces neurobehavioral alterations in rat offspring. *Neurotoxicology*. 2016 Mar 1;53:20–8.
32. Baier CJ, Gallegos CE, Raisman-Vozari R, Minetti A. Behavioral impairments following repeated intranasal glyphosate-based herbicide administration in mice. *Neurotoxicol Teratol*. 2017 Nov 1;64:63–72.
33. Zhang JW, Xu DQ, Feng XZ. The toxic effects and possible mechanisms of glyphosate on mouse oocytes. *Chemosphere*. 2019 Dec 1;237:124435.
34. Helander M, Saloniemi I, Omacini M, Druille M, Salminen JP, Saikkonen K. Decreases mycorrhizal colonization and affects plant-soil feedback. *Sci Total Environ*. 2018 Nov 15;642:285–91.
35. Pokhrel LR, Karsai I. Long-term sub-lethal effects of low concentration commercial herbicide (glyphosate/pelargonic acid) formulation in *Bryophyllum pinnatum*. *Sci Total Environ*. 2015 Dec 5;538:279–87.
36. Liu N, Zhong G, Zhou J, Liu Y, Pang Y, Cai H, et al. Separate and combined effects of glyphosate and copper on growth and antioxidative enzymes in *Salvinia natans* (L.) All. *Sci Total Environ*. 2019 Mar 10;655:1448–56.
37. 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.
38. Nguyen NK, Dörfler U, Welzl G, Munch JC, Schroll R, Suhadolc M. Large variation in glyphosate mineralization in 21 different agricultural soils explained by soil properties. *Sci Total Environ*. 2018 Jun 15;627:544–52.

39. Caceres-Jensen L, Rodríguez-Becerra J, Sierra-Rosales P, Escudey M, Valdebenito J, Neira-Albornoz A, et al. Electrochemical method to study the environmental behavior of Glyphosate on volcanic soils: Proposal of adsorption-desorption and transport mechanisms. *J Hazard Mater*. 2019 Nov 5;379:120746.
40. 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.
41. 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.
42. 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.
43. 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.
44. la Cecilia D, Maggi F. Analysis of glyphosate degradation in a soil microcosm. *Environ Pollut*. 2018 Feb 1;233:201–7.
45. 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.
46. Mac Loughlin TM, Peluso L, Marino DJG. Pesticide impact study in the peri-urban horticultural area of Gran La Plata, Argentina. *Sci Total Environ*. 2017 Nov 15;598:572–80.
47. Silva V, Montanarella L, Jones A, Fernández-Ugalde O, Mol HGJ, Ritsema CJ, et al. Distribution of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in agricultural topsoils of the European Union. *Sci Total Environ*. 2018 Apr 15;621:1352–9.
48. Grandcoin A, Piel S, Baurès E. AminoMethylPhosphonic acid (AMPA) in natural waters: Its sources, behavior and environmental fate. Vol. 117, *Water Research*. Elsevier Ltd; 2017. p. 187–97.
49. Carretta L, Cardinali A, Marotta E, Zanin G, Masin R. A new rapid procedure for simultaneous determination of glyphosate and AMPA in water at sub µg/L level. *J Chromatogr A*. 2019 Aug 30;1600:65–72.
50. Benbrook CM. Why Regulators Lost Track and Control of Pesticide Risks: Lessons From the Case of Glyphosate-Based Herbicides and Genetically Engineered-Crop Technology [Sitio en internet]. Vol. 5, *Current environmental health reports*. Springer; 2018 [citada 2020 Jun 22]. p. 387–95. Hallado en URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30003510/>

51. ISO. ISO 16308:2014 - Water quality — Determination of glyphosate and AMPA — Method using high performance liquid chromatography (HPLC) with tandem mass spectrometric detection [Sitio en internet]. 2014 [citada 2020 Jun 22]. Hallado en URL: <https://www.iso.org/standard/56140.html>
52. Winfield TW, Bashe WJ, Baker T V. Method 547 Determination of Glyphosate in Drinking Water By Direct-Aqueous- Injection Hplc, Post-Column Derivatization, and Fluorescence Detection. Technol Appl Inc. 1990;1(July):1–16.
53. 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.
54. Douwes J1, 't Mannetje 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.
55. Ministerio de la Protección Social. Resolución 2115 de 2007 [Sitio en internet]. Gaceta Oficial 2007 p. 23. Hallado en URL: [http://www.lasalle.edu.co/wps/wcm/connect/d951c109-a227-44a3-8a42-1d1f87db2b43/Resolución\\_2115-2007.pdf?MOD=AJPERES](http://www.lasalle.edu.co/wps/wcm/connect/d951c109-a227-44a3-8a42-1d1f87db2b43/Resolución_2115-2007.pdf?MOD=AJPERES)
56. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 1207 de 2014 [Sitio en internet]. Diario Oficial No. 49.242 de 13 de agosto de 2014; 2014. Hallado en URL: [https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion\\_minambientes\\_1207\\_2014.htm](https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambientes_1207_2014.htm)
57. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución N° 0631 de 2015. 2015 p. 62.
58. McHenry LB. The Monsanto Papers: Poisoning the scientific well. Int J Risk Saf Med. 2018;29(3–4):193–205.
59. 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 [Publicación periódica en línea]. 2019;681:541–50. Hallado en URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.379>
60. Van Bruggen AHC, He MM, Shin K, Mai V, Jeong KC, Finckh MR, et al. Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. Vols. 616–617, Science of the Total Environment. Elsevier B.V.; 2018. p. 255–68.
61. 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.