

Estado del arte sobre los efectos adversos a la salud en los agricultores producto de la
exposición ocupacional al glifosato para la erradicación de arvenses en los
cultivos alimentarios

Autoras:

Erika Tatiana Galvis Cano y Jeniffer Zulay Vargas Muñoz

Trabajo de Grado para Optar el título de ingeniera industrial

Director

Juan Camilo Lésmez Peralta

Magister en Gerencia de Negocios

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2022

Agradecimientos

A Dios, por otorgarme salud, virtudes, habilidades y defectos, también por ofrecerme un bello contexto como lo es la naturaleza. Gracias a él, por darme una maravillosa familia; padres trabajadores y hermanos cariñosos. Gracias a él, por darme el apoyo de amigos como Jeniffer, sin ella este proyecto no hubiera sido posible. Gracias a él, por el asesoramiento de profesores invaluable, como el director de este proyecto, digno modelo a seguir y maestro de la vida. Gracias a él, por juntar mi camino con el de mi novio. Gracias Dios, por colocarme en el camino personas y circunstancias en pro de mi desarrollo personal y profesional. ¿Quién como Dios? ¡Nadie como Dios! Y ¿Después de Dios? ¡Nadie como la santísima virgen María!

-Erika TGC

Me quedo corta para dar gracias a Dios y a la vida por darme la oportunidad de culminar este importante proyecto, una aventura que inicio hace cinco años y que termina con la satisfacción del deber cumplido.

Son muchas las personas a las que agradezco su apoyo incondicional y su compañía a lo largo de esta bonita experiencia, inicialmente agradezco a mi familia, mis padres, mi hermana y mis tías por ser el pilar fundamental en todo lo que he logrado; agradezco a la vida por darme la oportunidad de contar con angelitos que me apoyaron durante mi proceso educativo, personas importantes como mi compañera de investigación Erika Galvis, las hermanitas que la vida me obsequió: Laura, Lexlys y Dayanna y la orientación de un gran tutor como el profesor Juan Camilo Lésmez.

Todo el trabajo realizado fue posible gracias al apoyo incondicional de muchas personas que llevo en mi corazón, nada de esto hubiera sido posible sin ellas, por eso gracias infinitas a ustedes y, por supuesto, a Dios, por ponerlos en mi camino.

-Jeniffer Vargas

Dedicatoria

Para ti lector, que deseas conocer los efectos ocupacionales del glifosato en los trabajadores agrícolas, también, recuerda que todo problema tiene solución como lo menciona el libro “El poder de la intención” de Wayne Dyer:

Buenos días,

Soy Dios

Hoy voy a ocuparme de todos tus problemas, como no necesito tu ayuda, que pases un maravilloso día.

-Erika TGC

Este proyecto está dedicado principalmente a Dios y a mi familia por darme la oportunidad y la fortaleza de llegar hasta este punto, también, está especialmente inspirado en toda la comunidad campesina que con su arduo trabajo nos permiten disfrutar de los deliciosos alimentos que llegan a nuestra mesa y por supuesto está también especialmente dedicado a todas las personas bonitas que mi alma mater, la Universidad Industrial de Santander, me dio la oportunidad de conocer y con las que pude compartir importantes momentos de mi carrera profesional.

-Jeniffer Vargas

Tabla de contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Generalidades del proyecto.....	16
1.1 Planteamiento del problema.....	16
2. Objetivos.....	21
2.1 Objetivo general.....	21
2.2 Objetivos específicos	21
3. Resultados esperados	21
4. Marco de referencia	22
4.1 Marco teórico.....	23
4.1.1 Sector Agropecuario.....	23
4.1.2 Riesgo.....	25
4.1.3 Pesticidas.....	30
4.2 Marco de antecedentes.....	38
5. Marco Metodológico.....	42
5.1 Revisión sistemática	43
5.1.1 Planificación de la revisión	45
5.1.2 Ejecución de la revisión	46
5.1.3 Informe de los resultados	53

6	Estado del arte sobre los efectos adversos a la salud en los agricultores producto de la exposición ocupacional al glifosato para la erradicación de arvenses en cultivos alimentarios..	53
6.1	Análisis Bibliométrico	53
6.1.1	Publicaciones por año	54
6.1.2	Citaciones.....	55
6.1.3	Producción científica por país.....	56
6.1.4	Publicaciones por revistas	57
6.1.5	Publicaciones por autor	58
6.1.6	Publicaciones por área.....	59
6.2	Revisión de literatura.....	60
6.2.1	Afectaciones derivadas por la exposición ocupacional al Glifosato.....	61
7	Difusión de los resultados de la investigación.....	97
8	Conclusiones.....	98
9	Recomendaciones	100

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Cumplimiento de Objetivos	15
Tabla 2. Enfermedades laborales y su clasificación ocasionada por pesticidas.	18
Tabla 3. Clasificación de sustancias químicas	28
Tabla 4 Clasificación de Herbicidas.	33
Tabla 5. Dosis de Toxicidad aguda en humanos para el Glifosato Comercial	38
Tabla 6. Recopilación Bibliográfica – Efectos en la salud humana.	39
Tabla 7. Identificación de Palabras Clave.....	46
Tabla 8. Primera Ecuación de Búsqueda.	47
Tabla 9. Criterios de inclusión y exclusión.....	47
Tabla 10. Ecuación de búsqueda final	49
Tabla 11. Producción científica por país.....	56
Tabla 12. Afectaciones del glifosato en la salud según cada artículo.....	61
Tabla 13. Afectaciones Generales identificadas en las investigaciones	68
Tabla 14. Afectaciones a la salud más representativos en la revisión.	70
Tabla 15. Estructura Artículo Científico.....	97

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Composición marco de referencia.	22
Figura 2. Significado de Agropecuario.	23
Figura 3. Clasificación de los factores de riesgo	27
Figura 4. Tipos de pesticidas.	30
Figura 5. Volumen y valor de ventas.	31
Figura 6. Datos generales del Glifosato.	35
Figura 7. Metodología de la investigación.	43
Figura 8. Protocolo de Revisión Sistemática.	44
Figura 9. Diagrama de flujo proceso de inclusión y exclusión.	48
Figura 10. Distribución de artículos.	50
Figura 11. Distribución Temas Artículos.	51
Figura 12 Artículos publicados por año.	54
Figura 13. Citaciones.	55
Figura 14. Publicaciones por revista.	58
Figura 15. Ley de Bradford aplicada a la investigación.	58
Figura 16. Artículos publicados por autor.	59
Figura 17. Distribución porcentual de área de artículos.	60
Figura 18. Afectaciones con Mayor Porcentaje de Mención en los artículos de investigación.	72
Figura 19. Agrupación de las Afectaciones según los sistemas implicados	73
Figura 20. Sistemas funcionales del cuerpo humano.	74
Figura 21. Diagrama de barras y lluvia de palabras de las afectaciones al Sistema Orgánico.	75

- Figura 22. Diagrama de barras y lluvia de palabras de las afectaciones al Sistema Urinario. 77
- Figura 23. Diagrama de barras y lluvia de palabras de las afectaciones al Sistema Nervioso. 81
- Figura 24. Diagrama de barras y lluvia de palabras de las afectaciones al Sistema Endocrino. .. 85
- Figura 25. Diagrama de barras y lluvia de palabras de las afectaciones al Sistema Inmunitario. 89
- Figura 26. Diagrama de barras y lluvia de palabras afectaciones al Sistema Cardiovascular. 93
- Figura 27. Diagrama de barras y lluvia de palabras de las afectaciones al Sistema Respiratorio. 95

Lista de Apéndices

Ver en carpeta adjunta

Apéndice A. Palabras clave por artículo

Apéndice B. Artículos seleccionados para la investigación

Apéndice C. Extracción de información de los artículos de investigación

Apéndice D. Artículo científico de carácter publicable

Resumen

Título: Estado del arte sobre los efectos adversos a la salud en los agricultores producto de la exposición ocupacional al glifosato para la erradicación de arvenses en los cultivos alimentarios*.

Autoras: Erika Tatiana Galvis Cano y Jeniffer Zulay Vargas Muñoz**.

Palabras Claves: Glifosato, Riesgo, Exposición Ocupacional, Trabajador Agrícola.

Descripción:

El glifosato, considerado por la comunidad agrícola mundial como uno de los herbicidas más efectivos en la erradicación de arvenses o maleza, por años ha generado inquietud en la comunidad científica sobre los efectos adversos que puede generar en la salud de la población expuesta a su ingrediente activo; una de las muchas enfermedades asociadas al uso inapropiado del glifosato es el cáncer, afectación que pone al agroquímico en el radar de entidades como la Organización Mundial de la Salud, quien clasificó al glifosato en el 2015 como un plaguicida “probablemente cancerígeno para los seres humanos”, uno de los hechos que motiva la realización de la presente investigación por medio de la cual se desarrolla una revisión literaria sobre la relación existente entre la exposición ocupacional al glifosato implementado en la erradicación de arvenses en cultivos alimenticios y el daño sobre la salud de los agricultores. Para llevar a cabo la revisión literaria se implementa una metodología de investigación identificando 51 artículos que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión aptos para el proceso, de estos artículos se extraen las enfermedades de mayor asociación con la exposición ocupacional al herbicida glifosato, destacando diversas patologías, información que da un visión general de los efectos del glifosato en los agricultores; para el manejo de la información, se agruparon las enfermedades más citadas o relevantes, en los respectivos sistemas orgánicos del cuerpo humano. Esta investigación pretende exponer los efectos adversos generados en la salud de los agricultores producto de la exposición a compuestos como el glifosato, herbicida de amplio espectro y de gran utilización para el control de plagas y eliminación de malezas en los cultivos agrícolas, de tal forma que se puedan obtener resultados significativos que permitan sensibilizar al sector agrícola sobre la relevancia de medidas de control ante este herbicida.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: MA. Juan Camilo Lésmez Peralta.

Abstract

Title: State of The Art of Adverse Health Effects on Farm Workers from Occupational Exposure to Glyphosate for Eradication of Weeds in Food Crops*.

Authors: Erika Tatiana Galvis Cano y Jeniffer Zulay Vargas Muñoz**

Keywords: Glyphosate, Risk, Occupational Exposure, Agricultural Worker.

Description:

Glyphosate, considered by the world agricultural community as one of the most effective herbicides in the eradication of weeds, has for years generated concern in the scientific community about the adverse effects it can have on the health of the population exposed to its active ingredient; one of the many diseases associated with the inappropriate use of glyphosate is cancer, an affectation that puts the agrochemical on the radar of entities such as the World Health Organization, which classified glyphosate in 2015 as a pesticide "probably carcinogenic to humans", one of the facts that motivates the realization of the present research through which a literature review is developed on the relationship between occupational exposure to glyphosate implemented in the eradication of weeds in food crops and the damage on the health of farmers. To carry out the literature review, a research methodology is implemented by which 51 articles are identified that meet the inclusion and exclusion criteria suitable for the process, from these articles the diseases with the greatest association with occupational exposure to glyphosate herbicide are extracted, highlighting affectations, information that gives an overview of the effects of glyphosate on farmers; For the management of the information, the most cited or relevant diseases were grouped into the respective organic systems of the human body. This research aims to expose the adverse effects generated in the health of farmers as a result of exposure to compounds such as glyphosate, a broad-spectrum herbicide widely used for pest control and elimination of weeds in agricultural crops, so that significant results can be obtained to raise awareness in the agricultural sector on the relevance of control measures against this herbicide.

* Bachelor Thesis.

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Industrial and Business Studies. Advisor: MA. Juan Camilo Lésmez Peralta.

Introducción

La agricultura acompaña a la humanidad desde hace mucho tiempo, es una gran fuente de ingresos, puesto que, según el Banco Mundial, en el 2014 representaba un tercio del producto interno bruto (PIB) global y en Colombia durante la pandemia Covid-19, en el segundo trimestre del 2021, dicha actividad contribuyó en su sector a un aumento del PIB del 3,8% (Miniagricultura, 2021), aportando positivamente a la economía del país.

A pesar de que la agricultura es en Colombia un potencial dinamizador económico, hay desafíos que impiden su posicionamiento; en primer lugar, según el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (Icoder), existen diversos factores de abandono y descuido estatal que han conllevado a la reducción de la competitividad del agro, a la obstrucción de la comercialización de su producción y al decremento de la calidad de vida de la población que lo representa, ya que casi la mitad de la comunidad rural (42,9%) vive en pobreza en términos de ingresos; en segundo lugar, la falta de capacitación y orientación a nivel educativo que priva a la población rural de conocimientos valiosos se evidencia en el Censo Nacional Agropecuario (2014) que revela altas tasas de analfabetismo (12,6 %) y deserción educativa (70 %) en esta comunidad, lo que disminuye la posibilidad de acceder a información que contribuya al mejoramiento de su labores en el campo, como manejo de herramientas, ejecución de presupuestos financieros e implementación de seguridad ocupacional, indispensables para potenciar la agricultura colombiana.

Los procesos productivos del campo aún hoy día, presentan muchas falencias respecto al cuidado y protección de sus trabajadores, un ejemplo claro se evidencia con la inadecuada manipulación de compuestos químicos, llamados comúnmente plaguicidas, usados para erradicar organismos que pueden afectar el desarrollo normal y exitoso de la producción, pero que de

acuerdo con la OIT (OIT, 2000), la inadecuada manipulación y la exposición constante a estos componentes, constituyen uno de los principales riesgos profesionales en los trabajadores del campo; según algunos estudios realizados en varias zonas agrícolas de Colombia (Gordon & Marrugo, 2018; OIT, 2020), la falta de acompañamiento y orientación a la comunidad agrícola respecto al manejo de agroquímicos, es una situación común para los trabajadores del campo, ya que, el solo uso de elementos básicos para la protección personal durante la manipulación de plaguicidas, es casi inexistente y genera gran preocupación por el desconocimiento de los trabajadores respecto a su importancia y por la elevada exposición a la que se enfrentan los productores del campo en estas condiciones.

La exposición a agroquímicos es usual en las labores agrícolas, compuestos que se dividen en diversas clasificaciones según su uso y efectividad y sobre los que se destaca no solo para Colombia sino para el mundo en general el amplio manejo del llamado Glifosato, que representa tan solo para nuestro país el 14% (Valbuena et al., 2021) de las ventas totales en productos químicos agrícolas y sobre el cual se ha generado diversas controversias por su extenso uso en los cultivos generalmente alimenticios y los efectos que puede traer en las personas expuestas a este herbicida, ya que su manipulación se ha asociado con afectaciones en la salud humana, como enfermedades dermatológicas, oculares, hormonales e incluso como potencial causante y generador de diversos tipos de cánceres (F. R. Muñoz, 2021).

En este sentido, las temáticas expuestas con anterioridad, asociadas a las falencias en la seguridad y protección de los involucrados y a la constante exposición de esta comunidad a plaguicida especialmente al glifosato, se desarrolla la presente investigación que pretende reunir las principales características de los plaguicidas, nociones, conceptos relacionados con el glifosato y evidencia científica que relacione la manipulación del glifosato con los posibles

efectos de los trabajadores del campo expuestos durante sus labores, para de esta forma lograr identificar factores de riesgo, con el fin de plantear recomendaciones y crear tendencias que orienten a futuras investigaciones respecto a la temática en cuestión, para así aportar en cierta medida a salvaguardar la vida de millones de trabajadores agrícolas.

Cumplimiento de Objetivos

Tabla 1.

Cumplimiento de Objetivos

Objetivos	Capítulo donde se ejecuta
Realizar una inmersión teórica respecto a la temática planteada efectuando para ello, revisión de información proveniente de literatura gris y sitios web especializados.	Capítulo 4
Realizar una revisión bibliográfica de documentos y artículos relacionados con los efectos adversos en la salud por exposición ocupacional a glifosato en agricultores.	Capítulo 5
Categorizar y clasificar las consecuencias adversas en la salud de los agricultores identificadas en el análisis bibliográfico realizado.	Capítulo 6 (Numeral 6.2)
Elaborar un artículo publicable de la temática abordada en este trabajo de investigación.	Capítulo 7 (Apéndice D)

1. Generalidades del proyecto

1.1 Planteamiento del problema

Cada año, 2,78 millones de trabajadores a nivel mundial mueren por accidentes del trabajo y enfermedades profesionales (de los cuales 2,4 millones están relacionados con enfermedades) y 374 millones sufren accidentes del trabajo (OIT, 2019). En Colombia múltiples decretos y resoluciones velan por la salud ocupacional, uno de ellos es el decreto 1072 de 2015, dicho decreto busca que el empleador o contratante prevenga los accidentes o enfermedades laborales por medio de la implementación del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, el cual tiene por objetivo el anticipar, reconocer, evaluar y controlar los posibles riesgos que puedan afectar negativamente a la salud física y psicológica del trabajador. A pesar de las normativas que rigen la salud ocupacional en Colombia y en otros países, solo en América Latina se producen 11,1 accidentes mortales por cada 100.000 trabajadores en el sector industrial y 10,7 en el sector agrícola (OIT, 2016).

La agricultura es una importante actividad económica, que según el Banco Mundial (2020) tan solo en Colombia representa el 15,77 % de la fuerza laboral, a pesar de esto el sector agrícola se caracteriza por tener una mano de obra inestable (Otero, 2019), si se compara con otros empleos en el área urbana y un sector laboral peligroso puesto que cada año muchos trabajadores agrícolas sufren accidentes laborales y tienen problemas de salud relacionados con su trabajo (OIT, 2011), características que han elevado las tasas de mortalidad entre los agricultores, y limitan los recursos disponibles para su compensación (Molina Guzmán & Ríos Osorio, 2019); Los datos oficiales sobre la incidencia de los accidentes laborales y las enfermedades ocupacionales en los trabajos agrícolas son inexactos e insuficientes para medir el efecto de las intervenciones en materia de salud y seguridad en el trabajo (OIT, 2014), variables

como vías de transporte, clima, fauna, demografía, entre otros, dificultan la acertada recolección de datos, también, el olvido gubernamental a zonas rurales imposibilita un estudio de amplio alcance sobre el impacto de la seguridad y salud en el trabajo agrícola, desatenciones ratificadas por algunas cifras presentadas por Incoder que revelan el bajo acceso de la comunidad agrícola a infraestructura, ya que de los 7,6 millones de hectáreas aptas para riego en el país, solamente 1,1 millones de hectáreas están adecuadas para uso de este sector, adicionando que solo el 6% de las vías terciarias a nivel nacional están pavimentadas, lo que dificulta aún más el acceso a este tipo de infraestructura productiva.

Son muchas las causas que contribuyen a la generación de accidentes y problemas de salud en esta población, siendo una de ellas la exposición constante a productos químicos conocidos como plaguicidas utilizados para la protección de los cultivos durante el proceso de eliminación de organismos que puedan considerarse nocivos para la producción agrícola.

Los plaguicidas incluyen un variado portafolio de productos agroquímicos que han contribuido el crecimiento del sector económico, sin embargo, estos productos han originado diversas problemáticas al afectar no solo los ecosistemas donde se aplican, sino también la salud de las personas que están expuestas a ellos; en Colombia, la exposición a plaguicidas considerada de tipo aguda o crónica está regulada mediante el decreto 1477 de 2014, con la llamada tabla de enfermedades laborales (Gordon & Marrugo, 2018) que lista un gran número de afectaciones asociadas con el cáncer (neoplásias en la piel), enfermedades del sistema nervioso (polineuropatías), enfermedades en la visión (Blefaritis, glaucoma y parálisis pupilar), enfermedades del sistema respiratorio (necrosis y perforaciones del tabique nasal), enfermedades de la piel (Queratosis), Enfermedades del sistema endocrino (Hipotiroidismo) e Intoxicaciones (Ministerio de Trabajo, 2014), que según la Organización Internacional de Trabajo pueden

asociarse a un empleo excesivo de plaguicidas, un uso limitado de EPP (Elemento de Protección Personal, cualquier equipo o dispositivo destinado para ser utilizado o sujetado por el trabajador, para protegerlo de uno o varios riesgos y aumentar su seguridad o su salud en el trabajo” (Ministerio de Agricultura) y la inadecuada implementación de regulaciones para su uso (ISEE-LAC & OPS/OMS, 2021).

La aplicación excesiva de plaguicidas, especialmente los organofosforados, ha generado la exposición ocupacional de los trabajadores agrícolas, convirtiéndose estos compuestos en un gran peligro, al exponer los trabajadores a riesgos de intoxicaciones que pueden representar graves morbilidades como cánceres, trastornos reproductivos y en algunos casos la muerte (Molina Guzmán & Ríos Osorio, 2019) en quienes los manipulan sin ningún tipo de precaución.

En Colombia, la llamada tabla de enfermedades laborales, cuya última actualización se realizó en el año 2020 por el decreto 676 (Ministerio Trabajo, 2020), asocia el uso de pesticidas organofosforados con la generación de las enfermedades expuestas en la tabla 2, donde se presentan una clasificación por grupos y el nombre específico de cada afectación.

Tabla 2.

Enfermedades laborales y su clasificación ocasionada por pesticidas organofosforados, según el decreto 1477

Clasificación por Grupo	Enfermedad
Grupo II - Cáncer de Origen Laboral.	~ Neoplastias Malignas de la piel.
Grupo V - Enfermedades del sistema Nervioso.	~ Polineuropatías Ocasionadas por otros agentes tóxicos.
Grupo VI - Enfermedades del ojo y sus anexos.	~ Blefaritis.
	~ Glaucoma.
	~ Parálisis Pupilar.
Grupo IX - Enfermedades del sistema respiratorio.	~ Necrosis del tabique nasal.
	~ Perforación del tabique nasal.
Grupo XI - Enfermedades de la piel y tejido. Subcutáneo.	~ Queratosis palmar y plantar adquirida.
Grupo XIV – Intoxicaciones.	~ Efectos tóxicos.
	~ Hipotiroidismo.

Nota. Información extraída de (Ministerio de Trabajo, 2014).

Uno de los plaguicidas organofosforados de mayor comercialización y utilización es el glifosato, un ingrediente activo empleado en algunos químicos agrícolas que tiene la capacidad de matar todo tipo de malezas (F. R. Muñoz, 2021), es el herbicida más usado en el mundo (Woodburn, 2000) registrando ventas de \$US 7.8 billones a nivel mundial y específicamente para Colombia el 14% en ventas totales de agroquímicos (Valbuena et al., 2021) en el país, el glifosato cuenta con un amplio respaldo de la comunidad agrícola ya que es una sustancia de venta libre que además de su uso como herbicida en los cultivos de tomate, café, arroz y maíz, también se usa como desecante de granos y madurador de la caña de azúcar (F. R. Muñoz, 2021; Nivia, 1998; Rural, 2020).

En Colombia el glifosato está registrado con una clase toxicológica IV, es decir, es un agroquímico levemente tóxico cuando se utiliza y aplica según las instrucciones y los cuidados requeridos, pero a pesar de ser considerado en esta categoría, existe una preocupación global sobre los efectos que puede causar a la salud de los seres humanos (Valbuena et al., 2021) ya que diversas investigaciones demuestran que la exposición generalizada al componente puede ocasionar disrupciones endocrinas, problemas de reproducción, distintos tipos de cánceres (F. R. Muñoz, 2021), además de irritaciones dermales y oculares especialmente en los agricultores después de la exposición al herbicida durante la mezcla, cargue o aplicación (Nivia, 1998); sin reparo, lo expuesto anteriormente son riesgos latentes en el campo colombiano y es que, según revela un estudio realizado en algunos departamentos cafeteros de Colombia, elementos de protección personal esenciales como gafas, botas, gorras para la aplicación de agroquímicos son casi inexistentes (OIT, 2020), sumado a ciertas fallas como: la falta de acompañamiento por parte de autoridades competentes a nivel sanitario y ambiental, la mala disposición de residuos generados por plaguicidas, los bajos niveles de capacitación para la protección y cuidado de la

salud, entre otros (Gordon & Marrugo, 2018), incrementan y evidencian el elevado riesgo al que están expuestos los agricultores a nivel ocupacional y la mínima protección del agricultor durante la exposición a agroquímicos que constituyen uno de los principales riesgos profesionales en los trabajadores del campo (OIT, 2000)

Partiendo de lo anterior y siendo evidente la constante exposición de los agricultores a herbicidas como el glifosato y el poco o nulo control sobre este peligro químico, se identifica la importancia de conocer los efectos adversos generados en la salud de los agricultores producto de la exposición a compuestos como el glifosato, herbicida de amplio espectro y de gran utilización para el control de plagas y eliminación de malezas en los cultivos agrícolas de tal forma que se puedan obtener resultados significativos que permitan sensibilizar al sector agrícola sobre la relevancia de medidas de control ante este peligro químico.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Elaborar un estado del arte que permita la identificación de los efectos adversos a la salud de los agricultores expuestos al glifosato, herbicida utilizado para la erradicación de maleza proliferante en cultivos alimentarios.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar una inmersión teórica respecto a la temática planteada efectuando para ello, revisión de información proveniente de literatura gris y sitios web especializados.
- Realizar una revisión bibliográfica de documentos y artículos relacionados con los efectos adversos en la salud por exposición ocupacional a glifosato en agricultores.
- Categorizar y clasificar las consecuencias adversas en la salud de los agricultores identificadas en el análisis bibliográfico realizado.
- Elaborar un artículo publicable de la temática abordada en este trabajo de investigación.

3 Resultados esperados

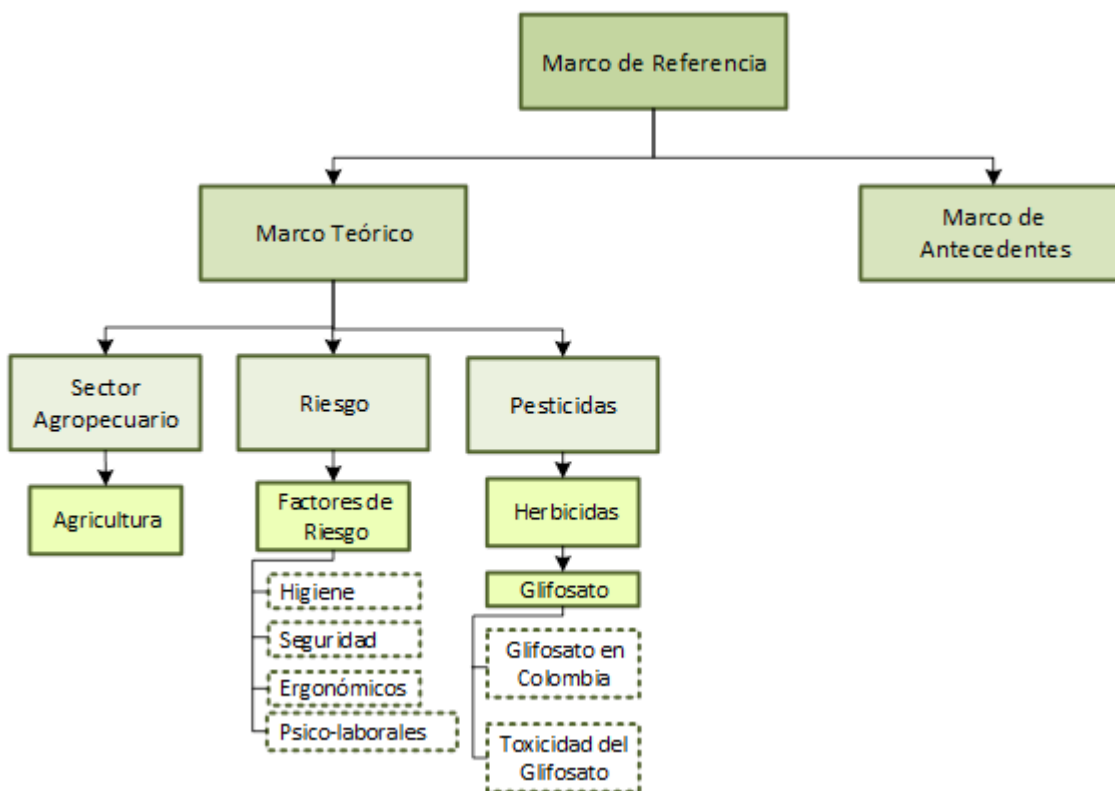
- Marco conceptual y contexto del tema de investigación.
- Diseño de la estrategia de búsqueda e informe del análisis bibliométrico.
- Matriz de clasificación y categorización de información obtenida de la estrategia de búsqueda.
- Artículo de carácter publicable sobre los resultados obtenidos de la elaboración del estado del arte sobre efectos adversos generados en la salud de los agricultores por exposición ocupacional al glifosato para la eliminación de arvenses en cultivos alimenticios.

4 Marco de referencia

El marco de referencia lo conforman el marco teórico y el marco de antecedentes, el objetivo del marco teórico es hacer una inmersión en la temática de investigación, por otra parte, el marco de antecedentes proporciona conocimientos de trabajos previos que abordan el tema de investigación.

Figura 1.

Composición marco de referencia.



Nota: Realizado con el software “Microsoft Visio”; licencia campus Universidad Industrial de Santander.

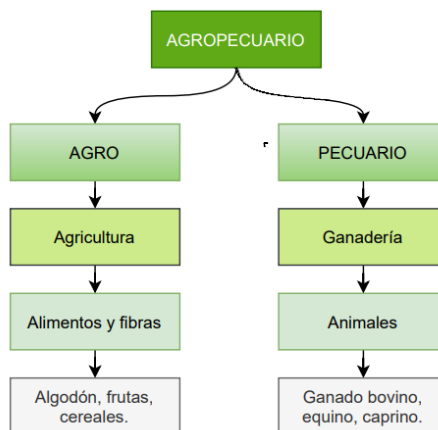
4.1 Marco teórico

4.1.1 Sector Agropecuario

La Real Academia Española (RAE, 2014), afirma que la palabra agropecuario está relacionada con la parte animal (ganadería) y la parte de alimentos (agricultura), como se expone en la Figura 2.

Figura 2.

Significado de Agropecuario.



Nota: Realizado con el software Draw.io.

“El campo colombiano será un dinamizador de la economía colombiana, el fortalecimiento de la agroindustria y la inmersión del campesino al mercado nacional e internacional, impulsará las importaciones y exportaciones de los productos derivados de actividades agropecuarias, potencializando el crecimiento económico del sector agropecuario, contribuyendo con ello, al desarrollo social y económico de Colombia” (PND, 2018-2022), lo anterior es la visión consignada en el Plan Nacional de Desarrollo respecto al sector agrícola colombiano, esta proyección se considera ambiciosa si se tienen en cuenta datos como los

expuestos por Finagro, al afirmar que, el 84% de las unidades de producción agropecuaria, no tienen acceso a maquinaria para sus actividades, adicionando que, el 94% de las vías terciarias del país están en mal estado (Chavarría, 2019), lo que con lleva a que los agricultores no transporten sus productos agrícolas de las zonas rurales a las urbanas, interrumpiendo la cadena de suministro e implicando una disminución de competitividad del sector agropecuario.

Aun con las falencias descritas anteriormente, la actividad agrícola es un motor económico en Colombia, en el segundo trimestre del 2021, entre los sectores que más contribuyeron a la dinámica del valor agregado está el sector agropecuario con un crecimiento del 3,8% (DANE, 2021). Con respecto a las exportaciones, las ventas externas del país fueron US\$2.914,7 millones FOB (Free On Board: precio de venta de los bienes embarcados a otros países, puestos en el medio de transporte, sin incluir valor de seguros y fletes, DANE, s.f.) donde las exportaciones de combustibles y productos de las industrias extractivas representaron un 40,4% del valor FOB total de las exportaciones, así mismo, el sector agropecuario, alimentos y bebidas tuvieron una participación del 26,7% (DANE, 2021), el sector manufactura y otros sectores, tuvieron una participación menos destacada; entonces, teniendo en cuenta las anteriores cifras, se puede afirmar que más de la mitad de las exportaciones que hace el país (67,1%), está en manos del sector de hidrocarburos y agropecuario.

A pesar de la recesión económica producto de la pandemia Covid-19, el sector en análisis se destaca de otros sectores productivos, debido a su aporte positivo a la economía del país, a través del PIB y las exportaciones, de esta manera se resalta su importancia para la generación de ingresos y la sostenibilidad de la nación.

4.1.1.1 Agricultura. La Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), sugiere la definición de (Spedding, 1979), para referirse a la agricultura como una actividad del hombre empleada para producir alimentos y fibras por medio de la utilización, control y manejo de los animales y plantas.

Según el Banco Mundial, en el 2014 el sector agrícola representaba una tercera parte del producto interno bruto mundial. En Colombia en el primer trimestre del 2021 el sector agropecuario tuvo un crecimiento del 3,3% del PIB de este sector, dicho crecimiento fue gracias al aumento de cultivos agrícolas como: cacao (47%); frijol (22,8%); café pergamino (19%) y yuca (14,2%) (Minagricultura, 2021), por otra parte, los principales productos de la actividad agrícola que contribuyeron al crecimiento del PIB del 2021, fue el cacao, leguminosas y café (DANE, 2021). Con respecto a las exportaciones, en el grupo de agropecuarios, alimentos y bebidas, se destacan los productos agrícolas con un total de US\$516,4 millones FOB, frente a los productos pecuarios con un total de US\$13,3 millones FOB (DANE, 2021). Lo expuesto anteriormente corrobora que el sector agrícola o de la agricultura, es un actor protagónico en la economía mundial y colombiana.

4.1.2 Riesgo

Según la base de datos DeCS (Descriptores de Ciencias de la Salud, 2010) y el artículo titulado Definiciones acerca del riesgo y sus implicaciones (Echemendía Tocabens Belkis, 2011), el riesgo es la “Probabilidad de que un fenómeno, de origen natural o humano, se produzca en un determinado tiempo y espacio”. En algunos casos, especialmente en el ámbito laboral, el riesgo puede confundirse con el peligro, clarificándose entonces que el primero “es la probabilidad de que se materialice el segundo, es decir, que le genere daño a las personas, bienes o al entorno,

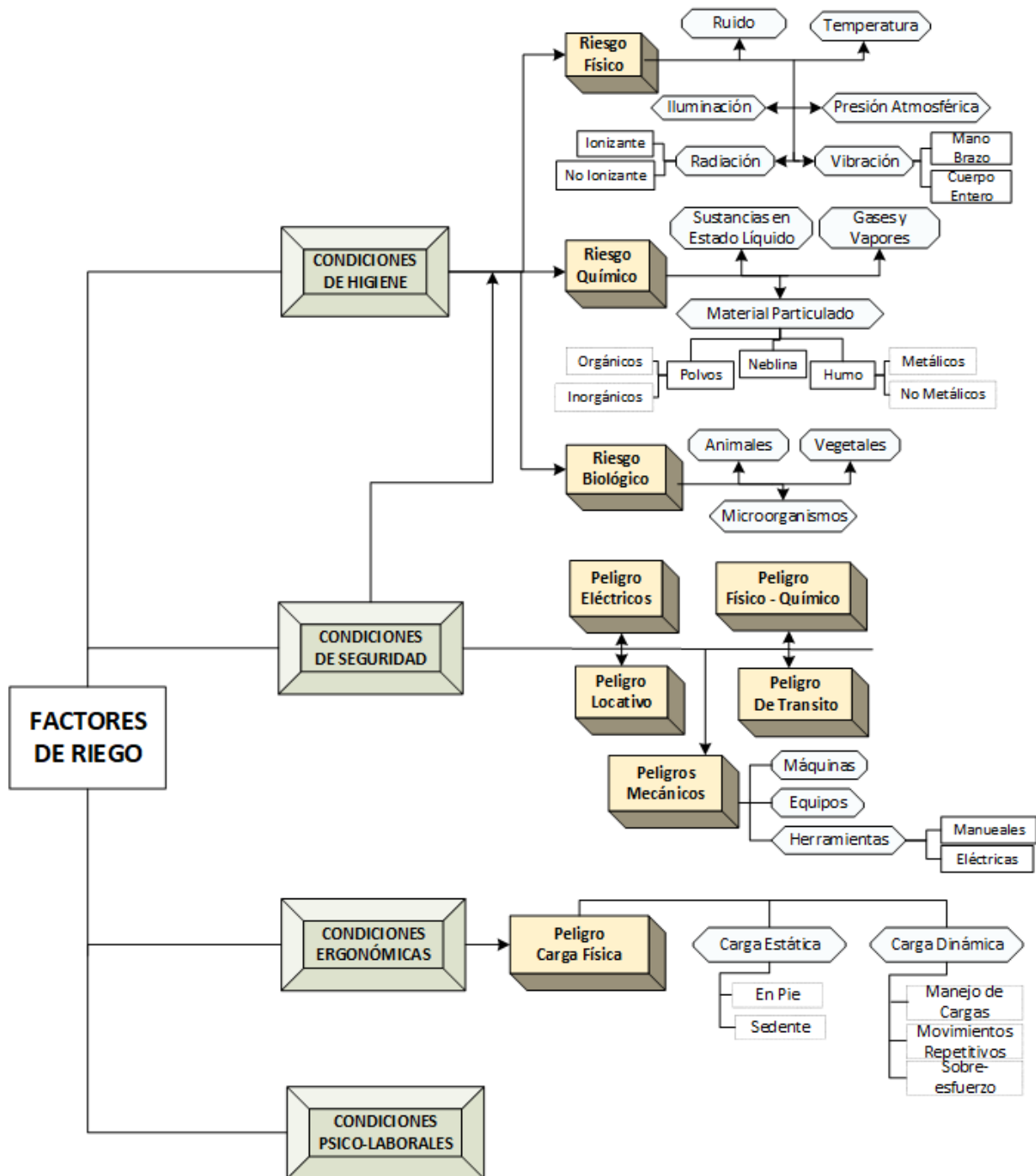
por lo que el riesgo termina siendo el resultado de no tomar las medidas necesarias para minimizar el peligro” (Universidad Pontificia Bolivariana, 2020).

Con el fin de profundizar en este concepto, a continuación, se presentará información relevante como: que son los factores de riesgo, tipos de riesgo, estándares y límites permisibles que existen a la fecha respecto al tema de investigación desarrollado en este proyecto

4.1.2.1. Factores de Riesgo. Un factor de riesgo puede definirse como una serie de características, exposiciones o conductas que incrementan la probabilidad de que un individuo pueda sufrir una enfermedad o lesión (Tafari et al., 2013), es una situación, no anclada a eventos laborales, sino que puede presentarse en cualquier ámbito de la cotidianidad y es un potencial generador de exposiciones o eventos peligrosos para las personas.

4.1.2.2. Clasificación de los factores de riesgo. Los factores de riesgo se pueden clasificar principalmente en 4 grandes grupos denominados: condiciones de higiene industrial, condiciones de seguridad industrial, condiciones ergonómicas y condiciones psico-laborales.

La clasificación mencionada con anterioridad se puede visualizar en la figura 3, donde es posible observar específicamente el tipo de riesgo asociado a la investigación en curso.

Figura 3*Clasificación de los factores de riesgo*

Nota: Realizado con el software “Microsoft Visio”; licencia campus Universidad industrial de Santander.

4.1.2.2.1. Condición de higiene. Esta clasificación desde una perspectiva laboral está asociada a todos aquellos elementos, sustancia u organismo, que en ciertas cantidades o variaciones contaminan el ambiente de trabajo y son potenciales generadores de efectos dañinos al entrar en contacto con los individuos; esta condición puede presentarse de forma física, química y/o biológica.

- *Factor de riesgo Químico.* Según el ingeniero Olman Solórzano Arroyo en su obra titulada manual de conceptos de riesgos y factores de riesgos para análisis de peligrosidad (2014), los factores de riesgo químico, son todas aquellas “sustancias naturales o artificiales que al entrar en contacto con el ser humano o el ambiente pueden provocar efectos nocivos, según su toxicidad, características del individuo, concentración, condiciones de trabajo y tiempo de exposición; este tipo de riesgos, dada la variada existencia de sustancias químicas se clasifican de acuerdo al estado físico en que se encuentren.

Tabla 3.

Clasificación de sustancias químicas.

Sustancias en estado líquido	Todos aquellos compuestos químicos que se encuentran y manipulan en estado líquido y pueden generar afectaciones en los individuos por ingestión o absorción dérmica
Vapores	“Son la forma gaseosa de sustancias que a condiciones ambientales de presión y temperatura se encuentran en estado líquido o sólido” (Solórzano, 2014). Estos pueden causar daños en el individuo al ser inhalados en condiciones no aptas de protección.
Material Particulado:	Son todos aquellos elementos químicos que se encuentran suspendidos en el aire como polvos, humos, neblinas y rocíos que, al estar inmersos en el ambiente por vía aérea, pueden generar afectaciones al ser inhalados por los individuos expuestos. <ul style="list-style-type: none"> - Rocíos: Son partículas líquidas suspendidas en el aire, pero generadas por la dispersión mecánica de un líquido. - Neblinas: Son partículas líquidas suspendidas en el aire, generadas por la condensación en el ambiente de algún vapor.

Nota. Adaptado de (Solórzano, 2014)

El efecto a la salud de una sustancia química depende de la dosis que recibe el organismo. Por lo tanto, el potencial tóxico generado por una sustancia de este tipo estará definido por la relación entre la dosis y la respuesta que produce en un sistema biológico, es por esto que, si una determinada sustancia química no está controlada en un ambiente laboral al menos bajo los valores umbral límite de exposición, pueden convertirse en grandes potenciadores de las llamadas enfermedades laborales (Solórzano, 2014)

4.1.2.3. Enfermedad Laboral o Profesional (Legislación Colombiana). Según el Artículo 4 de la ley 1562 del 2012 en Colombia la enfermedad labora se entiende como “aquella afectación contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral o del medio en el que el trabajador se ha visto obligado a trabajar” (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012)

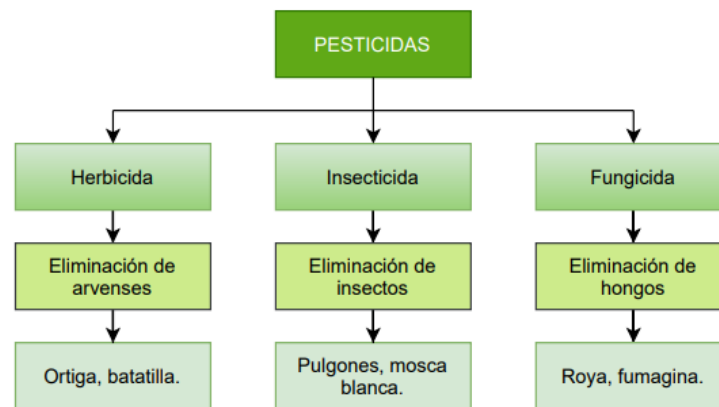
Dada la investigación en curso, para los trabajadores agrícolas, la exposición a pesticidas, genera un gran riesgo a nivel profesional, clasificado dentro de las condiciones de higiene industrial del ambiente laboral y enmarcado dentro de los peligros químicos que lo componen por la exposición a la que se ven sometidos los agricultores manipulando ese tipo de sustancias que a nivel comercial pueden encontrarse de forma solida o líquida, y que según la protección definida para su dispersión generalmente en forma de rocío, simboliza una gran exposición para los sujetos en análisis dentro de este proyecto

4.1.3 Pesticidas

Los pesticidas son sustancias que se usan para matar, controlar o repeler plagas (Rydz, Larsen, & Peters, 2021), las plagas son todos aquellos organismos vivos que influyen negativamente en la productividad de los cultivos agrícolas, también, las plagas se pueden definir como organismos vivos que producen enfermedades en los cultivos, animales o humanos, por ejemplo: hongos, insectos, arvenses (malas hierbas o maleza), roedores, bacterias, entre otros. En el mercado existen diversos tipos de pesticidas, incluso se puede afirmar que cada plaga tiene su pesticida, aun así, los más usados son los herbicidas, insecticidas y fungicidas.

Figura 4.

Tipos de pesticidas.



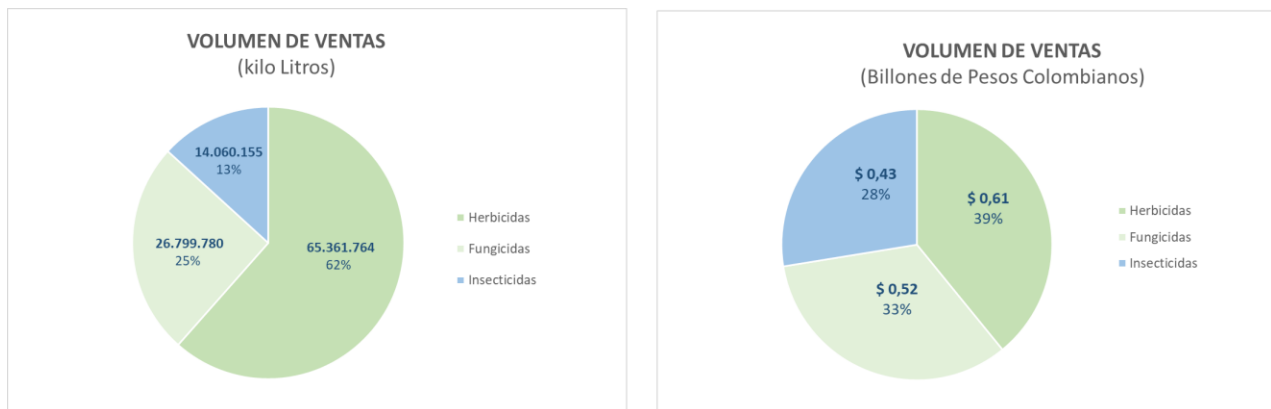
Nota: Realizado con el software Draw.io.

En Colombia, según el ministerio de agricultura y desarrollo rural (MADR), en el año 2019 se registraron ventas de plaguicidas por un valor de COP\$1,55 billones de pesos, lo que correspondió a un volumen de ventas de 106,2 millones de kilolitros (Unidad de volumen equivalente a 1000 litros, es decir, 1 metro cúbico.” RAE - SALE), ahora bien, el tipo de pesticida más vendido en Colombia es el herbicida, con una participación en las ventas totales

del 39% y con un volumen de ventas de 65.361.764 kilolitros, posteriormente se encuentra los fungicidas con una participación en las ventas totales del 33% y un volumen de ventas de 26.799.780 kilolitros y por último se encuentra los insecticidas con una participación del 28% y un volumen de ventas de 14.060.155 kilolitros (MADR, 2020). Para apreciar lo anteriormente expuesto, diríjase a la Figura 4.

Figura 5.

Volumen y valor de ventas



Nota: Adaptado de (MADR,2020).

En el 2019, el herbicida más vendido fue el Glifosato con un volumen de ventas de más de 35 millones de kilolitros, del grupo de los fungicidas se destaca el Clorotalonil con un total de volumen de ventas de más de 1,5 millones de Kilolitros y de los insecticidas sobresale el Clorpirifos con un volumen de ventas de 2,8 millones de Kilolitros. (MADR, 2020), el escenario de ventas de herbicidas del 2019 no difiere significativamente del 2021, ya que los herbicidas más usados y vendidos en dicho año en Colombia son en su orden: el Glifosato, Paraquat, Propanil, 2.4 – D y el Diurón, donde los precios más altos de Glifosato se registraron en los

departamentos del Chocó (\$20.918/Kilolitro) y La Guajira (\$18.515/ Kilolitro), y los precios más bajos en Sucre (\$14.937/ Kilolitro) y Quindío (\$14.924/Kilolitro) (MADR,2021).

El significativo volumen de ventas de pesticidas probablemente se deba a que durante años los cultivos han sido víctimas de innumerables plagas, pero gracias a la implementación de herbicidas y fungicidas, se ha aumentado el rendimiento agrícola de alimentos de calidad a precios asequibles (Cooper & Dobson, 2007), puede ser que los pesticidas han proporcionado alimentos de calidad a buenos precios, pero no se pueden pasar por alto los efectos nocivos al suelo y a la salud de los trabajadores agrícolas. Las personas pueden entrar en contacto con los pesticidas por medio de la ingesta, inhalación y absorción (dérmica), las consecuencias de este contacto, es una cadena de afectaciones gastrointestinales, dermatológicas, neurológicas, cancerígenas, respiratorias, reproductivas y endocrinas (Nicolopoulou-Stamati , Maipas, Kotampasi, Stamatis, & Hens, 2016), aunque variables como tipo de plaguicida, exposición y estado de salud del individuo, pueden ser decisivas al momento de determinar los riesgos causados por este peligro químico, una alta exposición ocupacional, accidental o intencional a plaguicidas puede resultar en hospitalización y muerte (Gunnell, Eddleston , Phillips, & Konradsen, 2007).

4.1.3.1 Herbicidas. En Colombia dentro de la clasificación referente a los plaguicidas se encuentran los herbicidas, productos fitosanitarios utilizados como control químico para eliminar de los cultivos malezas o arvenses (ICA, 2015) , plantas sin valor económico que interfieren en la producción y desarrollo normal de los cultivos al competir entre sí, por agua, luz, nutriente y espacio físico (Banco & Leyva, 2007), convirtiéndose en una gran problemática agrícola que ha intensificado a nivel mundial el uso de herbicidas para la protección de cultivos.

Los herbicidas se clasifican de acuerdo con las características que lo definen, lo que permite establecer grupos de categorización de acuerdo a su selectividad, tipo de acción, época de aplicación y naturaleza química. (Cárdenas et al., 1975).

Tabla 4*Clasificación de Herbicidas*

CRITERIO	CLASES	CARACTERÍSTICAS
Selectividad	Selectivos	Son aquellos que eliminan o inhiben el crecimiento de algunas especies de plantas y no causa daño a otras. Ej.: Metribuzina
	No selectivos	Son aquellos que ejercen toxicidad a toda clase de vegetación, es decir ocasionan fitotoxicidad a cualquier especie vegetal. Ej. : Glifosato.
Tipo de acción	Contacto	Herbicidas con poca movilidad que actúan directamente sobre los tejidos con los que tienen contacto, por lo que solo afecta a las zonas de las plantas sobre el que caen; su efecto es incrementado con la intensidad de la radiación solar, temperatura y humedad, presentan un efecto visual rápido pocas horas después de su aplicación Ej.: Paraquat.
	Sistémico	Herbicida que se aplica sobre la planta, se absorbe y al ser trasferido a otra zona de la planta a través de sus conductos vegetales, puede afectar zonas sobre las que el producto no cayó inicialmente. Ej.: Glifosato.
Época de Aplicación	Pre siembra	Se aplican con el fin de eliminar o reducir las malezas existentes antes de la siembra con el propósito de facilitar las labores en la preparación del terreno. Ej.: Paraquat.
	Pre emergentes	Son todos los que se aplican después de la siembra y antes de que emerja el cultivo y/o prolifere la maleza Ej. : Terbutilazina
Época de Aplicación	Emergentes	Se aplican cuando el cultivo y/o la maleza estén emergiendo del suelo Ej. : Atrazina
	Post emergentes	Son aquellos herbicidas aplicados en cualquier etapa de crecimiento del cultivo o de la maleza, exceptuando el estado de germinación y emergencia. Ej.: Propanil

Naturaleza Química	Inorgánicos	Constituidos por sales de metales que actúan como herbicidas no selectivos y por ácidos; dependen de su formación y composición química Ej. : Clorato de sodio (sal)
	Orgánicos	Conformados especialmente por compuestos sintéticos, se clasifican en sustancias no nitrogenadas y nitrogenadas; dependen de su formación y composición química Ej.: Ureas sustituidas (orgánico - nitrogenado)

Nota: Información extraída de (Cárdenas et al., 1975; ICA, 2015; L. Muñoz, 2017).

Según los reportes entregados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2020), los herbicidas representaron el 39% en las ventas de plaguicidas en Colombia, siendo evidente la relevancia de su consumo con el propósito de eliminar las plantas indeseadas, destacando en este sentido al glifosato entre el top 5 de herbicidas por su mayor uso y registro de ventas en el país.

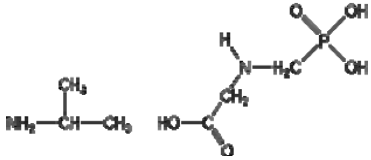
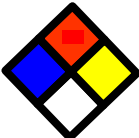
4.1.3.1.1 Glifosato. El glifosato es un compuesto químico, un ácido orgánico débil formado por una molécula de glicina y otra de fosfometilo, N- fosfometilglicina (Granja, 2004) que se utiliza como ingrediente activo de un herbicida de tratamiento generalmente en Post emergencia, es no selectivo y sistémico, tiene la capacidad de eliminar cualquier tipo de planta y de transportarse internamente desde el punto de contacto hacia otras partes de las plantas, características que justifican su amplia utilización para el control de maleza en el mundo. (F. R. Muñoz, 2021).

Los herbicidas que contienen glifosato están compuestos no solo por sales como isopropilamina, potasio y sal de amonio sino que también poseen sustancias como agentes surfactantes (Polioxietileno de Amina (POEA)), anti-espumante, biocidas e inorgánicos que facilitan la aplicación y uso del químico ya que permite su dispersión uniforme tanto en la mezcla para aplicación, como sobre el follaje de las plantas a las cuales se aplica (ANLA, 2000) , sin embargo es importante resaltar que la acción y eficacia del producto depende del ingrediente

activo, en este caso el glifosato, encargado de eliminar plantas no deseadas como pastos anuales y perennes, hierbas de hoja ancha y especies leñosas (Cortina et al., 2017), al inhibir su proceso fotosintético (ICA, 2015), reprimiendo la obtención de enzimas importantes en la biosíntesis de aromáticos, usados en la síntesis de proteínas, necesaria para el crecimiento y sobrevivencia de las plantas (Nivia, 1998).

Figura 6.

Datos generales del Glifosato

Nombre Genérico	Glifosato	Nombre Químico	N-(fosfonometil) glicina-isopropilamina o isopropilaminio N-(fosfonometil) glicinato	
Estructura Química		Peso Molecular	228,22	
		Formula Química	C ₆ H ₁₇ N ₂ O ₅ P	
Tipo de Plaguicida	Herbicida	Uso	Agrícola, Urbano, Industrial y Jardinería	
Clasificación				
Selectividad	No selectivo	Tipo de acción	Sistémico	
Época de aplicación	Post emergente	Naturaleza Química	Orgánico, Nitrogenado (Fosfonometilglicina)	
Representa Peligro				
		<i>Azul</i>	Salud	
		<i>Rojo</i>	Inflamabilidad	
		<i>Amarillo</i>	Riesgo de explosión	

Nota: Información extraída de (INEEC, 2010).

El nombre comercial más común del glifosato es el Roundup, que en su acción como herbicida es absorbido y fijado en el suelo, tiene una reducida movilidad en el mismo cuando coinciden características de ph alto y presencia de fosfanato no orgánicos en cantidades grandes, influyendo esto en la función general del plaguicida, que en condiciones normales presenta una vida media típica, tiempo para la desaparición de la mitad de una sustancia de 47 días.

4.1.3.1.1.1. Glifosato en Colombia. En Colombia los herbicidas con mayor uso para combatir malezas contienen el componente activo glifosato, según algunas cifras entregadas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2020), en el país tan solo durante el 2019 se registraron ventas por más de 35 millones de kilolitros en productos con este ingrediente, cifras que representan el 14% en ventas totales de agroquímicos para el país (Valbuena et al., 2021), ya que el glifosato en Colombia se usa no solo como herbicida en la agricultura, sino también como desecante de granos y madurador de cultivos específicos (Nivia, 1998).

Los cultivos de tipo alimenticio en Colombia usan en mayor medida algún tipo de plaguicida que se encuentre registrados en el Impuesto de Industria y Comercio con el ingrediente activo glifosato (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural., 2020); cultivos como el arroz, papa, maíz y soya utilizan esta sustancia para el control de maleza durante la pre emergencia, otros como la palma africana, banano, plátano, cítricos, aguacate y forestales lo aplican en post emergencia y un caso especial de utilización se presenta para la maduración del cultivo de caña de azúcar (ICA, 2015).

En Colombia el glifosato está registrado con una clase toxicológica IV, es decir, es un agroquímico levemente tóxico cuando se utiliza y aplica según las instrucciones y los cuidados

que se requieren, pero a pesar de ser considerado en esta categoría, existe una preocupación global sobre los efectos que puede causar.

4.1.3.1.1.2. Toxicidad del glifosato. Los efectos directos por la aplicación de glifosato incluyen toxicidad sobre varias especies como peces, crustáceos, anfibios, pequeños mamíferos, aves, algas y microorganismos del suelo (F. R. Muñoz, 2021); la toxicidad exacta de las sustancias que contienen al glifosato como ingrediente activo es compleja de establecer en su totalidad, ya que estos plaguicidas no solo están compuestos por diferentes sales de glifosato sino también por la presencia de otros componentes que varían en concentración y naturaleza (Pedemonte, 2017), los que puede aumentar los niveles de toxicidad, aclarando para el caso que en algunos estudios in vitro se ha establecido que las preparaciones comerciales son más tóxicas con el compuesto activo (Cortina et al., 2017).

Para los humanos, la toxicidad de una sustancia compuesta únicamente por glifosato es baja debido a que la función original del herbicida se enfoca en la inhibición de aminoácidos propios de la síntesis de proteína en las plantas, metabolismo muy diferente al de los humanos, pero que no está exento a los efectos tóxicos del plaguicida.

La capacidad del glifosato de producir daño a la salud; depende de varios factores, como el tipo de exposición, la dosis letal media (DL_{50}) (Dosis de una sustancia o radiación que resulta mortal para la mitad de un conjunto de plantas o animales de prueba; se utiliza como un indicador general de la toxicidad aguda de una sustancia) para el contacto oral o dérmico y la concentración media letal (CL_{50}) por inhalación, pero esto solo establece el potencial de daño y no el efecto que puede generar sobre quién este expuesto a la sustancia (F. R. Muñoz, 2021).

Desde su lanzamiento al mercado, especialmente en Colombia, el glifosato ha sido promocionado como un plaguicida seguro por su baja toxicidad para el ser humano y el ambiente, a pesar de que la norma de aplicación sugiere indumentaria de protección total (F. R. Muñoz, 2021) y pese a la clasificación de la IARC (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer) como componente probablemente cancerígena para el ser humano, organismos como la OMS y las autoridades de control Colombianas lo clasifican con un grado de toxicidad IV.

Tabla 5.

Dosis de Toxicidad aguda en humanos para el Glifosato Comercial – Colombia

Dosis Letal Media (DL₅₀)	Concentración Letal Media (DL₅₀)
5.000 mg/kg	3.400 mg/L

Nota: El grado de Toxicidad depende de la dosis.

Aunque la toxicidad en humanos del herbicida en mención es poca y además es considerada en una categoría toxicológica baja, existe una preocupación global sobre los efectos que puede causar a la salud de los seres humanos (Valbuena et al., 2021) ya que diversas investigaciones demuestran que la exposición generalizada al componente puede ocasionar disrupciones endocrinas, problemas de reproducción, distintos tipos de cánceres (F. R. Muñoz, 2021), además de irritaciones dermales y oculares especialmente en los agricultores después de la exposición al herbicida durante la mezcla, cargue o aplicación (Nivia, 1998).

4.2 Marco de antecedentes.

Los efectos adversos que genera el uso del glifosato en los ecosistemas y especialmente en los seres humanos ha sido un tema controversial; importantes organizaciones como Green

Peace (2021) afirman que desde hace décadas se ha recolectado información referente a los efectos adversos de este componente, clasificado por la OMS en 2015 como un plaguicida “probablemente cancerígeno para los seres humanos” y que poco se ha hecho para mantener el control sobre su uso.

Un informe presentado en España por la CCOO Aragón – Departamento de Medio Ambiente (2020), realiza una recopilación bibliográfica de los impactos a nivel general del glifosato como ingrediente activo en plaguicidas, en total, el documento realiza 25 citaciones correspondientes a información respecto a la toxicidad o riesgos para el humano a partir de ensayos de laboratorio y estudios epidemiológicos; el informe presenta que algunos posibles efectos en los humanos por la exposición al glifosato ya sea por inhalación, ingestión y/o penetración en la piel o mucosa son:

Tabla 6.

Recopilación Bibliográfica – Efectos en la salud humana.

Efectos - Estudios epidemiológicos	Efectos – Ensayos de laboratorio
- Afectaciones neuromusculares;	- Alteraciones al material genético;
- Riesgo de abortos o partos prematuros;	- Modificaciones en la estructura y funcionamiento de las células;
- Riesgo de desarrollo de linfomas no Hodgkin;	- Degeneración Neuronal, con posible incidencia en Parkinson;
- Mayor incidencia de mieloma múltiple;	- Creación De Amoniacó en el organismo causante de inflamación cerebral que relaciona el autismo y el Alzheimer;
- En recién nacidos anomalías de cabeza y cara, trastornos oculares y sanguíneos, problemas pulmonares, trastornos genitourinarios, así como trastornos linfáticos en niños de 0-15 años;	- Interferencias en la síntesis de esteroides y disrupciones endocrinos;
	- Interferencias en el funcionamiento del hígado y malformaciones congénitas;

Nota: Información extraída de (CCOO Aragón - Departamento de Medio Ambiente., 2020).

Adicionalmente, se mencionan algunos estudios realizados por las compañías encargadas de la producción y comercialización de este producto, estudios revisados por autoridades certificadas, que presentan evidencias de malformaciones causadas por exposición al glifosato, pero que reflejan una minimización en los resultados de los efectos adversos ocasionados.

Es evidente el peligro que representa el glifosato en los humanos especialmente en aquellos que se exponen directamente al plaguicida, como en el caso de los agricultores que usan rutinariamente el componente con el fin de mejorar la producción de sus cultivos (Llanos, 2020), problemática que ha sido abordada por diversos trabajos de investigación generando inquietud respecto a la exposición ocupacional al glifosato por parte de los trabajadores agrícolas;

Un estudio desarrollado en el 2017, denominado “Glyphosate and Paraquat in Maternal and Fetal Serums in Thai Women” (Kongtip, et al., 2017), seleccionó 112 mujeres pertenecientes a tres provincias agrícolas de Tailandia, durante el séptimo mes de embarazo, se les hizo una entrevista sobre exposición laboral, dieta, uso de plaguicidas en el trabajo y en el hogar. De las 112 mujeres, la investigación se realizó con 82 de ellas, debido a que estas dieron a luz en los tres hospitales avalados para el estudio; cuando la madre daba a luz, las enfermeras (previamente capacitadas), procedían a recolectar el cordón umbilical y el suero materno para su respectivo análisis, contando para ello con la aprobación del comité de ética de los derechos humanos relacionados con la experimentación humana, de la Universidad de Mahidol, y por la junta de revisión institucional de la Universidad de Massachusetts Lowell. Los resultados de este estudio muestran que el 46,3% de las muestras de suero materno estaban en o por debajo del LOD (Limite de detección: Cantidad o concentración mínima de sustancia que puede ser detectada con fiabilidad, en el estudio para el suero materno y del cordón umbilical, fue del (0,2 – 189,1) y (0,2

– 94,9) ng/ml.) , es decir, que el 46,3% de las muestras poseía una concentración mínima o nula de glifosato, por otra parte, el 50,7% de los sueros del cordón umbilical estaban en o por debajo del LOD, ahora bien, las mujeres que en estado de embarazo ejercían actividades agrícolas, poseían una concentración de glifosato en el suero materno y en el cordón umbilical mayor al LOD, esta anomalía no se presentó en las gestantes que ejercían otras actividades. Las mujeres agrícolas, presentaron niveles medibles de concentración porque tuvieron exposiciones regulares y repetidas al herbicida, incluso durante el último trimestre del embarazo, algunas de ellas se encargaban de mezclar, cargar y esparcir el plaguicida, otras tenían contacto dérmico con algún pariente expuesto al químico y otras estaban cerca de cultivos donde se esparcía el compuesto. La exposición periódica al glifosato puede ser nefasta para la futura madre como para el neonato, según un estudio previamente realizado a mujeres que vivían en granjas de Ontario, Canadá, se descubrió que las mujeres expuestas al glifosato antes de la concepción (3 meses antes hasta la fecundación) tiene un mayor riesgo de aborto espontáneo. (Arbuckle, Lin, & Mery, 2001). Finalmente, la conclusión de la investigación abre la posibilidad de realizar estudios que evalúen la salud a largo plazo de los neonatos expuestos a herbicidas durante la gestación, también, plantea la necesidad de implantar mayores regulaciones en la venta y uso de plaguicidas, con el propósito de salvaguardar la salud de los infantes tailandeses y la comunidad agrícola en general; siendo lo anterior muestra de las evaluaciones realizadas respecto a la exposición ocupacional de los agricultores y los efectos en la salud que puede causar el uso de glifosato en cualquier componente que se emplee, es importante mencionar de igual forma la existencia de diversos proyectos y revisiones bibliográficas realizadas en el país previas a este trabajo de investigación, que han indagado sobre los efectos adversos en la salud de las personas por exposición al glifosato , entre las revisiones mencionadas se destacan:

- Un artículo publicado por la universidad Libre de Colombia titulado “Efectos del glifosato sobre la salud humana” , que menciona la relación de dicha exposición con enfermedades de tipo dermatológico, respiratorio , cancerígeno ,gastrointestinales, óseos entre otros (Aranda et al., 2015)
- La revisión sistémica titulada “Efectos de la intoxicación por glifosato en la población agrícola: revisión de tema”, por medio del cual se comprueba que el glifosato es altamente toxico, lo que compromete la salud de la población agrícola que tiene historial de exposición. (Cortina et al., 2017).
- Y, el artículo titulado “Efectos en la salud en poblaciones expuestas a glifosato: una revisión” en el que se menciona la posible asociación del glifosato con diversos efectos adversos en la salud de los seres humanos, asociación no concluyente, dados los resultados encontrados y los estudios revisados para esta investigación (Calderon et al., 2019)

De esta forma es posible evidenciar el interés existente respecto a las investigaciones cuya temática son los efectos adversos ocasionados por la exposición al glifosato, un herbicida de amplia utilización que afecta directamente a los agricultores, trabajadores expuestos ocupacionalmente a este tipo de agroquímicos aplicados para el cuidado de los cultivos en el campo.

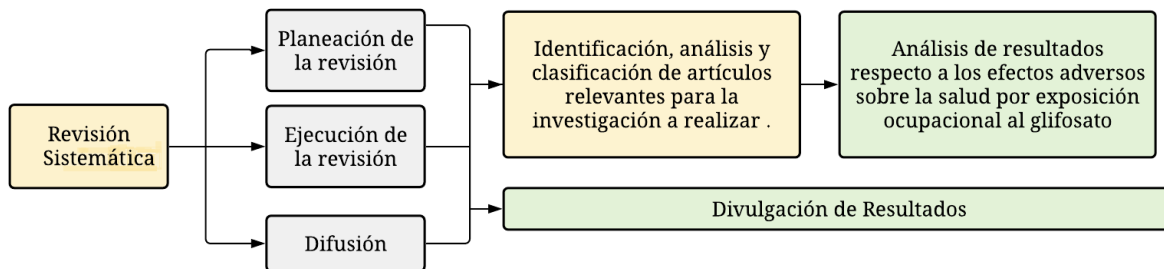
5 Marco Metodológico

La metodología de investigación se desarrolla con la implementación de 3 etapas (Figura 6) correspondientes a la revisión sistemática para analizar los efectos adversos sobre la salud de

los agricultores expuestos al glifosato implementado en la erradicación de arvenses en cultivos alimenticios.

Figura 7.

Metodología de la investigación.



Nota: Metodología adaptada del artículo “*Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review*”; Tranfield, Denyer and Smart (2003).

La revisión sistemática demarca el punto de partida para estructurar la investigación, inicialmente se realiza una inmersión teórica que permite identificar conocimientos esenciales respecto a la temática evaluada, seguidamente se desarrolla la correspondiente revisión bibliográfica que permite identificar los artículos más relevantes dentro de la literatura para luego ser evaluados y lograr finalmente difundir la información encontrada durante el proceso investigativo.

5.1 Revisión sistemática

Siendo la revisión sistémica el medio para identificar, evaluar e interpretar la información disponible respecto a un tema específico, para el presente proyecto, se determina aplicar la

metodología de revisión sistémica propuesta Barbara Kitchenham (2004), con el propósito de estructurar un estado del arte que permita dar cumplimiento al objetivo central de este proyecto.

La metodología comprende dentro de las etapas de la revisión sistémica (planificación, desarrollo e informe) una serie de fases que permiten plantear adecuadamente la pregunta de investigación, los respectivos protocolos de búsqueda y revisión con base a ciertos estándares de calidad, para finalmente obtener resultados y conclusiones adecuados respecto a estudios claves de la temática en cuestión. A continuación, se presenta el protocolo planteado por Barbara Kitchenham (2004) para la revisión sistémica, relacionando cada una de las fases con su correspondiente etapa de ejecución

Figura 8.

Protocolo de Revisión Sistemática

REVISIÓN SISTÉMICA	
ETAPA 1	PLANIFICACIÓN DE LA REVISIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de la necesidad de una revisión - Especificación de la pregunta de investigación - El desarrollo de un protocolo de revisión
ETAPA 2	EJECUCIÓN DE LA REVISIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de la investigación - Selección de los estudios y Artículos relevantes - Extracción, seguimiento y síntesis de los datos
ETAPA 3	INFORME DE LOS RESULTADOS

Nota: Adaptado del protocolo de revisión propuesto por Barbara Kitchenham (2004)

5.1.1 Planificación de la revisión

Para ello, se desarrollan las siguientes actividades:

5.1.1.1 Identificación de la necesidad de una revisión. Dada la inmersión teórica y los antecedentes expuestos en los numerales 4.1 y 4.2 de este documento, se puede observar la necesidad de información respecto a la identificación de los efectos adversos ocasionados en la salud de los agricultores producto de la exposición ocupacional al glifosato, un herbicida que se encuentra dentro de la clasificación de los plaguicidas más utilizados en Colombia para la erradicación de maleza; adicionalmente al realizar esta investigación se contribuye al desarrollo de conocimiento en el marco de la seguridad y salud en el trabajo, aportando al crecimiento social, científico y laboral de un sector con gran acogida en Colombia.

5.1.1.2 Especificación de una pregunta de Investigación. Teniendo en cuenta el alcance del proyecto se determina elaborar un estado del arte que permita abarcar desde el área científica, el estado actual de la literatura, e identificar las investigaciones y artículos más relevantes respecto al tema expuesto para este proyecto, con el propósito de explorar los posibles efectos adversos en la salud de los trabajadores agrícolas expuestos ocupacionalmente al glifosato; de este modo la pregunta de investigación que surge es : ¿Cuáles son los posibles efectos sobre la salud de los agricultores por exposición ocupacional al glifosato para la erradicación de arvenses en cultivos alimenticios?

5.1.1.3 Desarrollo de un protocolo de revisión. El protocolo a implementar para la Revisión Sistemática es el propuesto por Barbara Kitchenha (2004), expuesto en la Figura 8, compuesto por tres etapas con sus respectivas actividades.

5.1.2 Ejecución de la revisión

5.1.2.1 Identificación de la investigación. Se extrajeron las palabras clave de los artículos de investigación que conforman el marco de referencia expuesto anteriormente (Ver apéndice A). Analizando las palabras de dichos artículos, se identificaron cuatro grupos de palabras clave, grupos conformados por conceptos análogos y relevantes para la investigación en curso.

Tabla 7.

Identificación de Palabras Clave

<i>Peligro</i>	<i>Riesgo a la salud</i>	<i>Trabajador</i>	<i>Producto</i>
- Hazard	- Occupational health	- Farm worker	- Glyphosate
- Risk	- Occupational exposure	- Agricultural worker	- Roundup
- Danger	- Healt effects		- Herbicide glyphosate
- Exposure	- Disease		- Pesticide glyphosate

Una vez identificados los grupos de palabras clave, se procedió a interconectar los conceptos por medio de operadores lógicos, comillas y paréntesis, con el fin de estructurar la primera ecuación de búsqueda que se empleó en las bases de datos Scopus y Web of Science, bases de datos caracterizadas por facilidad en su acceso y por la confiabilidad que representa su contenido en la comunidad científica.

Tabla 8.*Primera Ecuación de Búsqueda*

<i>Bases de Datos</i>	<i>Ecuación de búsqueda</i>	<i>Resultados</i>
<i>Scopus</i>	TITLE-ABS-KEY (("hazard" OR "risk" OR "danger" OR "exposure") AND ("occupational health" OR "occupational exposure" OR "healt effects" OR "disease") AND ("farm worker" OR "agricultural worker") AND ("glyphosate" OR "roundup" OR "herbicided glyphosate" OR "pesticide glyphosate"))	126
<i>Web of Science</i>		1

5.1.2.2 Selección de los estudios y Artículos relevantes. Obtenidos los resultados en el numeral anterior, se procede a evaluar la pertinencia y concordancia de los estudios con el tema de investigación, para esto, se implementan criterios de inclusión y exclusión con el fin de identificar aquellos artículos que aporten significativamente a la temática expuesta.

Tabla 9.*Criterios de inclusión y exclusión*

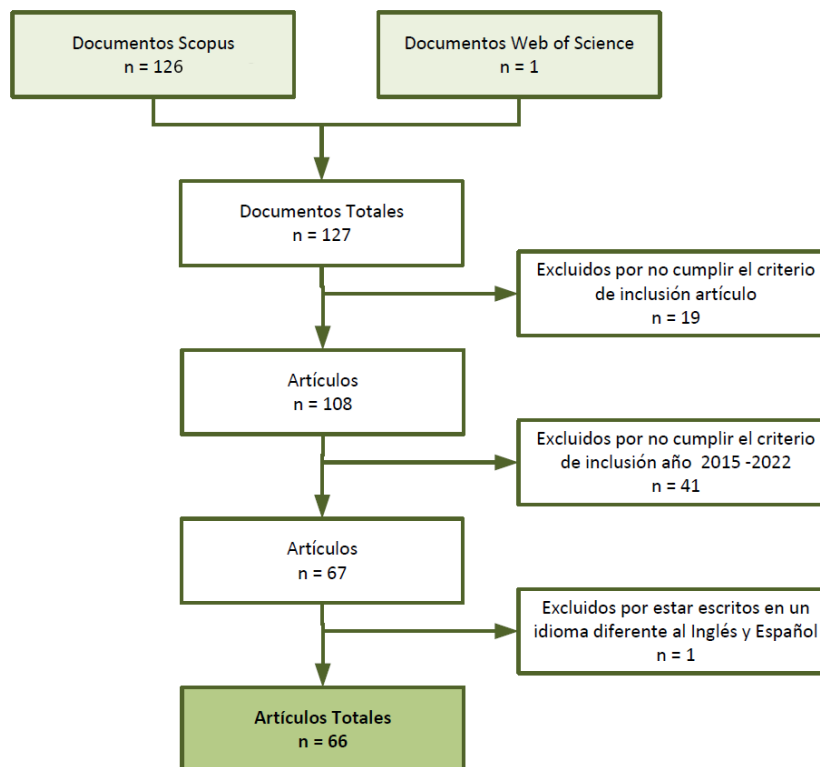
Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
- Tipo de documentos que sean artículos de investigación.	- Tipo de documento que sean revisiones o aquellos provenientes de literatura gris.
- Documentos comprendidos entre los años 2015 – 2022	- Documentos escritos en un idioma diferente al español e inglés.
- Documentos relacionados con los grupos de palabras clave.	- Documentos irrelevantes para el aporte de la pregunta de investigación.

Con la ecuación de búsqueda de la tabla 8, se obtienen 126 artículos de la base de datos Scopus y 1 de la base de datos Web of Science, sumando un total de 127 artículos, a estos artículos se procede a aplicar el criterio de inclusión “Tipo de documento: artículo”, quedando de

los 127, 108 artículos, a estos artículos se le aplicó el criterio de inclusión “Año de publicación 2015-2022”, quedando de los 108 artículos, 67 artículos, por último a estos se les aplicó el criterio de exclusión “Idioma diferente al Español e Inglés”, quedando 66 artículos para la investigación.

Figura 9.

Diagrama de flujo proceso de inclusión y exclusión



Nota: Elaborado con el software “Microsoft Visio”.

Una vez realizado el proceso expuesto en la figura 9, se obtiene los artículos totales y la ecuación de búsqueda final, la cual proviene de la primera ecuación de búsqueda (expuesta en la

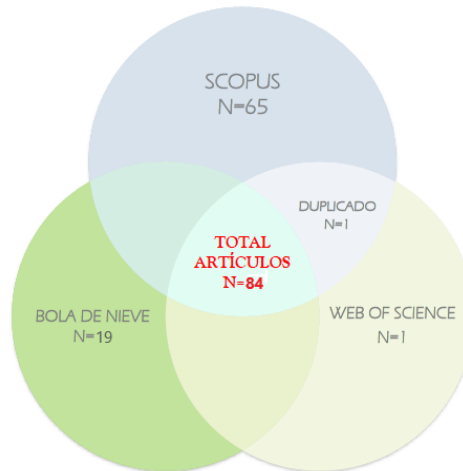
tabla 8), adicionándole los criterios de inclusión: artículos, años 2015-2022 y el criterio de exclusión; idiomas diferentes al español e inglés, que en este caso es un artículo escrito en ruso, de esta manera, se obtiene la siguiente ecuación de búsqueda final.

Tabla 10.

Ecuación de búsqueda final

Ecuación de búsqueda final
<p>TITLE-ABS-KEY (("hazard" OR "risk" OR "danger" OR "exposure") AND ("occupational health" OR "occupational exposure" OR "healt effects" OR "disease") AND ("farm worker" OR "agricultural worker") AND ("glyphosate" OR "roundup" OR "herbicided glyphosate" OR "pesticide glyphosate")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2015)) AND (EXCLUDE (LANGUAGE , "Russian"))</p>

Aplicando la ecuación de búsqueda anteriormente expuesta, se obtienen 65 artículos de la base de datos “Scopus” y 1 de la base de datos “Web Of Science”, para un total de 66 artículos, seguidamente se abstrae un artículo por duplicidad y se vinculan 19 textos haciendo uso del método de bola de nieve, estos artículos (igual que los anteriores), cumplen con los criterios de inclusión y exclusión expuestos en la tabla 9.

Figura 10. *Distribución de artículos.**Distribución de artículos*

Nota: Elaborado con el software “Microsoft Visio”.

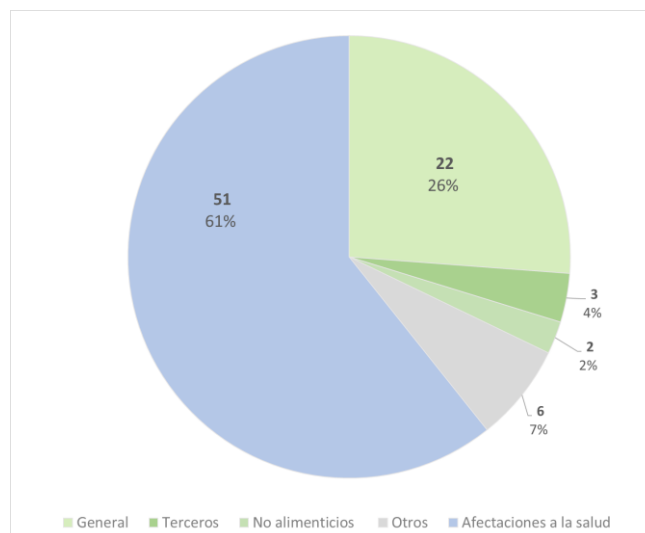
Se procede a leer los 84 artículos para verificar su aporte representativo a la resolución de la pregunta de investigación y de esta manera cumplir con el último criterio de inclusión (Documentos relacionados con los grupos de palabras clave) y exclusión (Documentos irrelevantes para el aporte de la pregunta de investigación), es así que de los 84 artículos, el 26% exponen la temática de los efectos adversos a la salud que produce la exposición ocupacional a pesticidas o productos agroquímicos, es decir, estos documentos no hacen una mención específica de los efectos que contrae el glifosato en los trabajadores agrícolas, si bien es cierto que el glifosato es un pesticida, no se puede considerar estos artículos en la investigación, ya que no hay información suficiente para afirmar que los efectos contraídos por un conjunto anónimo de pesticidas, son los mismos efectos contraídos por un pesticida particular como el glifosato, en otras palabras, los artículos tocan las afectaciones de los pesticidas en general, no hacen un énfasis en el glifosato. Por otra parte, el 4% de los artículos totales, no relacionan los efectos adversos a la salud con los trabajadores agrícolas expuestos ocupacionalmente al glifosato, los artículos relacionan la

afectación a la salud con los cónyuges o familiares del trabajador expuesto al herbicida, estos artículos no son de utilidad para el actual estudio, puesto que el objetivo de este estado del arte es identificar los efectos adversos a la salud de los agricultores expuestos al glifosato, más no los efectos adversos de los familiares de los agricultores, este tópico conllevaría otra investigación fuera del alcance del presente estudio.

De igual manera el 2% de los artículos totales hace referencia a los efectos del glifosato en el sector pecuario o en cultivos no alimentarios como el caucho, estos artículos se excluyeron porque no aportan a la pregunta de investigación, ya que esta se enfoca en los productos alimenticios, por último, un grupo de 6 artículos (correspondientes al 7%), clasificados como otros, hace referencia a estudios de nula relevancia para la investigación, puesto que abordan diferentes temas como los efectos del herbicida en los animales (ratas), efectividad de métodos para la identificación de glifosato en orina humana y consecuencias a la salud de los trabajadores de una planta industrial de glifosato.

Figura 11.

Distribución Temas Artículos



El 61% de los artículos totales (correspondiente a 51 artículos), son investigaciones que aportan significativamente a la investigación, estos artículos exponen los posibles efectos sobre la salud de los agricultores por exposición ocupacional a glifosato, herbicida utilizado en la erradicación de arvenses en cultivos alimenticios.

5.1.2.3 Extracción, seguimiento y síntesis de los datos. Para la recopilación de estudios determinantes e influyentes para el desarrollo de este proyecto, se aplica como criterio más importante para la selección de estas publicaciones, el respectivo aporte de los artículos de investigación sobre los efectos adversos que pueden sufrir los agricultores por la exposición ocupacional al glifosato, logrado con ello obtener 51 artículos (Apéndice B) por la aplicación inicial de la cadena de búsqueda con sus correspondientes criterios de inclusión y exclusión, y complementando posteriormente esta recopilación de artículos con la implementación de la mencionada técnica “Bola de Nieve”, metodología explicada en el anterior ítem.

Ya delimitados los criterios de selección, se establecen las pautas de extracción de información para este trabajo, determinándose con ello sintetizar por cada artículo recopilado los siguientes elementos:

- El título del artículo
- Resumen (abstract)
- El objetivo de la investigación.
- Aportes del Documento respecto a la exposición ocupacional al glifosato.

De esta forma se pretende realizar la correspondiente extracción y síntesis de los datos capaces de realizar los aportes sustanciales para el proyecto en desarrollo; la información

detallada de este ítem se muestra en la tabla que conforman el apéndice C de este documento, donde se realiza la correspondiente extracción de la información necesaria para la elaboración del estado del arte.

5.1.3 Informe de los resultados

La revisión sistemática, converge con la realización del estado del arte, este surge a partir del análisis de los artículos seleccionados que conducen a la resolución de la pregunta de investigación, de esta manera se cumple el objetivo final de esta investigación, formar una sinergia estructurada de información para elaborar y difundir un artículo de los resultados obtenidos en este trabajo de investigación.

6 Estado del arte sobre los efectos adversos a la salud en los agricultores producto de la exposición ocupacional al glifosato para la erradicación de arvenses en los cultivos alimentarios

6.1 Análisis Bibliométrico

Para dar respuesta a la pregunta de investigación, es necesario realizar un análisis bibliométrico para analizar estadísticamente los artículos de investigación elegidos, de esta manera se obtiene información sobre el autores, revistas, citas y áreas de la temática de investigación.

6.1.1 Publicaciones por año

Para el año 2015 se encontraron 4 publicaciones de los efectos del glifosato en la salud de los trabajadores ocupacionalmente expuestos al herbicida, posteriormente para el 2016, la cantidad de artículos publicados respecto al tema disminuyó en un 50% en contraste con el año anterior, en el año 2018, la comunidad científica comienza a indagar aún más sobre los efectos del glifosato en los humanos, de esta manera la cantidad de artículos publicados casi se duplica en comparación con el año anterior (2017). En el año 2019, el tema del glifosato empieza a inquietar y a tomar relevancia, en dicho año se obtuvo un significativo número de publicaciones (11), aunque esta cifra disminuyó en un artículo en el 2020, esto como consecuencia a que el principal tema de investigación fue la exposición ocupacional a riesgos biológicos (Covid-19), de esta manera el riesgo químico pasó a ser antagonista en los temas investigativos, aun así, la cantidad de artículos publicados en el 2020 (10) se mantuvo constante para el 2021. En el transcurso del 2022 se han publicado 3 artículos, lo que permite inferir que hay interés en la comunidad investigativa sobre el tema de la presente investigación.

Figura 12

Artículos publicados por año

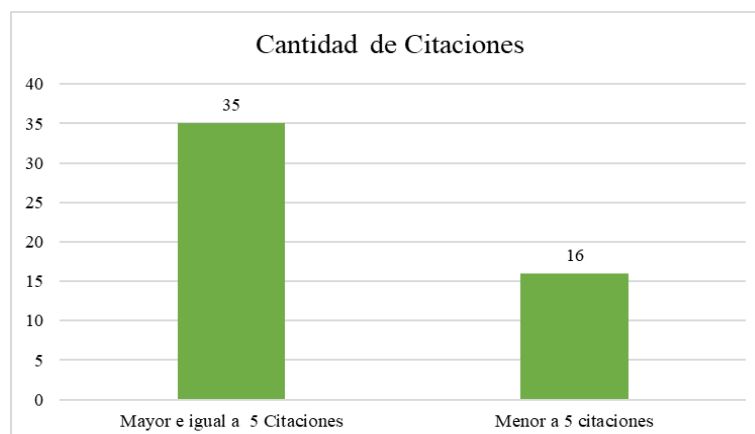


6.1.2 Citaciones

De los 51 artículos seleccionados para la presente investigación, se encuentra que 16 artículos poseen menos de 5 citaciones, esto se debe a que el 44% de los artículos fueron publicados en años recientes (2021-2022), lo que conlleva a la nula o poca citación; por otra parte, el restante de los artículos analizados obtuvieron citaciones mayores a 5, el 63% de estos, poseen citaciones iguales o mayores a 10, resaltando finalmente que los artículos más destacados dentro de esta categoría son los publicados en el año 2015, ya que en este año se encuentran los dos artículos más citados de la investigación, el primero titulado *“Drinking well water and occupational exposure to Herbicides is associated with chronic kidney disease, in Padavi-Sripura, Sri Lanka -No section-”* que cuenta con 119 citaciones, posteriormente se sitúa el artículo titulado *“Phosphate fertilizer is a main source of arsenic in areas affected with chronic kidney disease of unknown etiology in Sri Lanka”* con 111 citaciones.

Figura 13.

Citaciones



6.1.3 Producción científica por país

Los países destacados en esta categorización por el mayor número de publicaciones son: Estados Unidos, Brasil y Tailandia; con respecto a Estados Unidos, se destaca la amplia implementación del glifosato para el mantenimiento de cultivos, en cuanto a Brasil se resalta sus grandes inversiones para la adquisición de pesticidas, siendo en Latinoamérica el país que más gasta dinero para este tipo de químicos, aunque, si bien es cierto que países como México y Colombia, invierten cifras considerables en pesticidas, el uso de estos no es completamente agrícola, por lo tanto, estos dos países no poseen una cantidad significativa de artículos publicables en la implementación de glifosato para la erradicación de arvenses en cultivos alimenticios; finalmente respecto a Tailandia se puede destacar el amplio interés de los investigadores del país por determinar los efectos adversos del glifosato, dado el amplio uso y aplicación por parte de la comunidad agrícola para el cuidado de los cultivos en el campo.

En la tabla 11 se observa que la cantidad de artículos excede los seleccionados para la investigación (51), esto se debe a que hay publicaciones realizadas entre dos o más países.

Tabla 11.

Producción científica por país

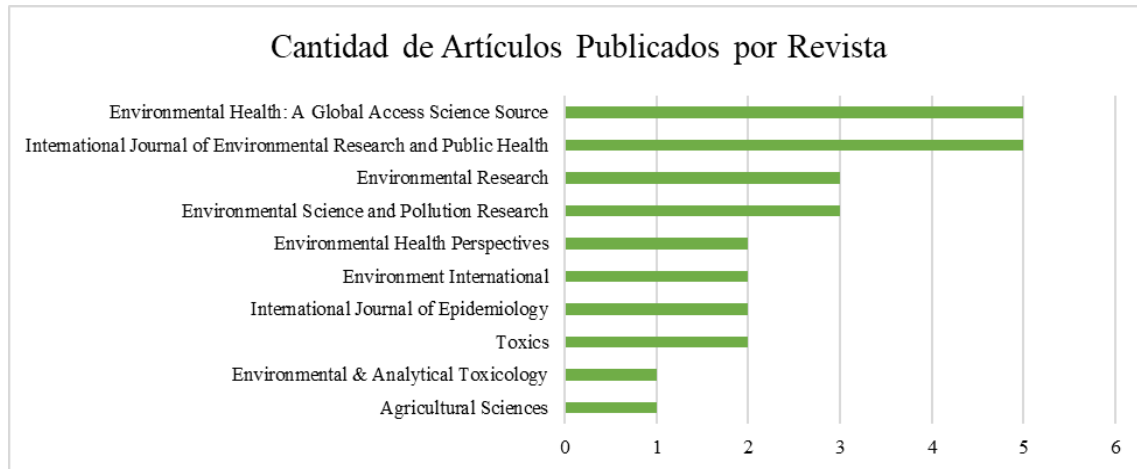
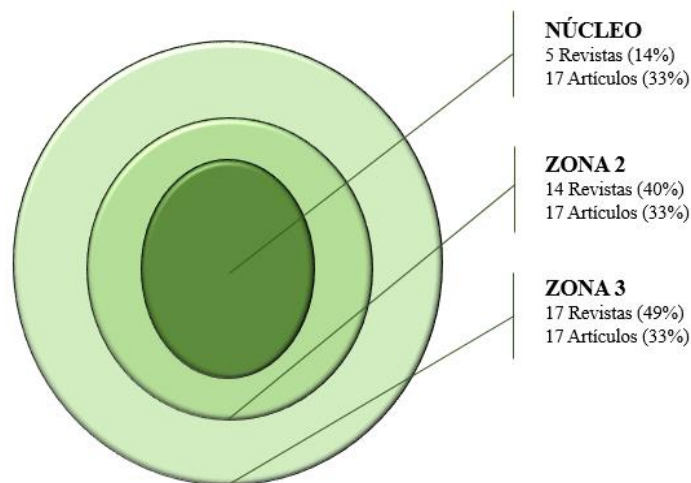
País	Cantidad de artículos publicados	País	Cantidad de artículos publicados
Estados Unidos	28	China	1
Brasil	8	Francia	1
Tailandia	5	Guatemala	1
Italia	5	Japón	1
Sri Lanka	4	Corea	1
México	3	Noruega	1

Holanda	3	Omán	1
Suiza	2	Pakistán	1
Uganda	2	Polonia	1
Austria	2	Puerto Rico	1
Canadá	1	España	1
Colombia	1	Reino Unido	1
Costa Rica	1	Uzbekistán	1

6.1.4 Publicaciones por revistas

La figura 14, representa las diez revistas con mayores publicaciones en el tema de estudio, mientras que la figura 15, representa el cumplimiento de la Ley de Bradford o Ley de dispersión de la literatura científica, dicha ley fue planteada por Bradfor (1984), la ley demuestra que hay una distribución desigual en la publicación de artículos en las revistas, donde la mayoría de los artículos están concentrados en una pequeña población de revistas. Lo anteriormente expuesto, se ejemplifica en la figura 15, en el núcleo se encuentra que, de los 51 artículos seleccionados para la investigación, solo 5 revistas contienen el 33% de dichos artículos, por otra parte, en la zona 2, para obtener el mismo porcentaje de artículos del núcleo, es necesario la implementación de 14 revistas (casi el triple de revistas que el núcleo), por último, en la zona 3 se debe acudir a 17 revistas para obtener el 33% de artículos publicados.

Las revistas que se destacan por estar en el núcleo son: Environmental Health: A Global Access Science Source, International Journal of Environmental Research and Public Health, Environmental Science and Pollution Research, Environmental Research, Environmental Health Perspectives.

Figura 14.*Publicaciones por revista***Figura 15.***Ley de Bradford aplicada a la investigación.*

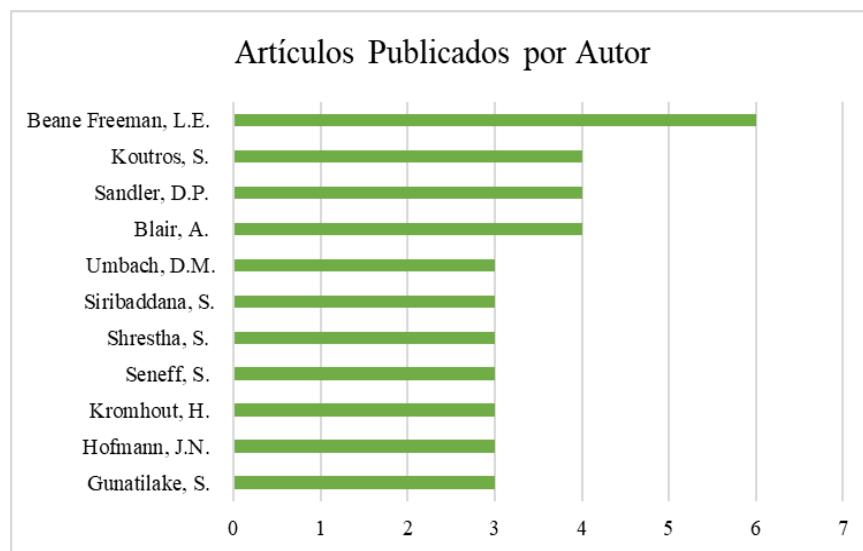
6.1.5 Publicaciones por autor

En la figura 16, se puede identificar a los once primeros autores que sobresalen por su productividad y su aporte en el tema de investigación, en primer lugar, con 6 publicaciones se encuentra Beane-Freeman, Laura E. dicha investigadora pertenece al Instituto Nacional del

Cáncer (NCI), por lo tanto, ha estado investigando sobre los efectos cancerígenos del glifosato en los trabajadores agrícolas. Es importante aclarar que, del total de autores analizados, el 81% poseen solo una publicación para el tema de investigación, esto indica que hay diferentes autores que se han interesado por el tema de investigación.

Figura 16.

Artículos publicados por autor.



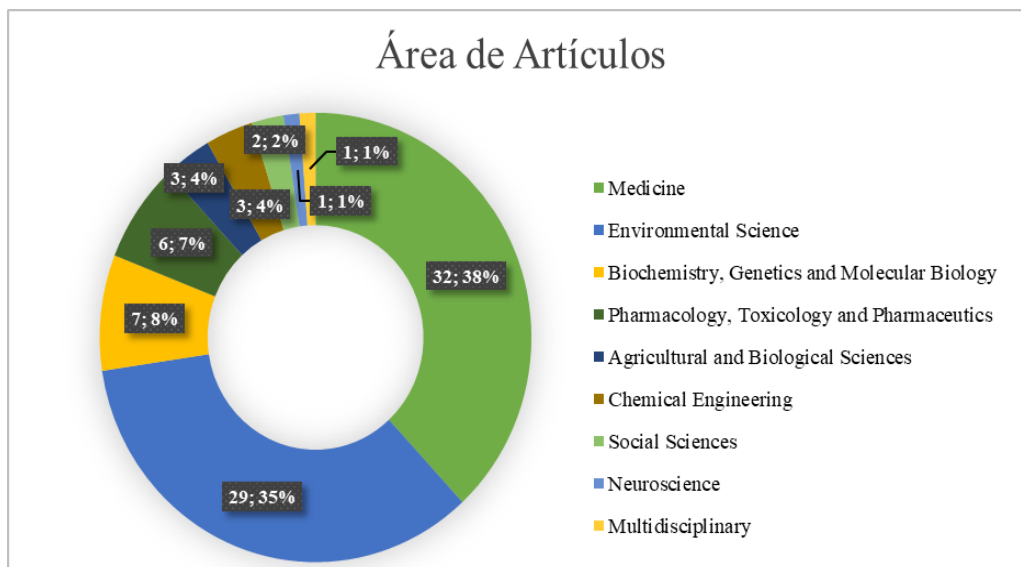
6.1.6 Publicaciones por área

En este apartado, se identifica aquellas áreas que juegan un papel protagónico en la investigación, al igual que en la producción científica por país, se observa que la cantidad de artículos excede los seleccionados para la investigación (51), esto se debe a que hay artículos que comprenden más de un área de investigación, entre las áreas más significativas están la Medicina (32 artículos) y la Ciencia Medioambiental (29 artículos), aunque también se destacan áreas como la Bioquímica, Genética y Biología molecular, Farmacología, Toxicología y Farmacéutica, Agricultura y Ciencias Biológicas, Ingeniería química, Ciencias Sociales, Neurociencia, y Multidisciplinaria, con las anteriores áreas podemos identificar aquellas líneas de investigación

que están relacionadas con los efectos adversos a la salud de los agricultores; expuestos ocupacionalmente al glifosato.

Figura 17.

Distribución porcentual de área de artículos.



6.2 Revisión de literatura

La revisión de la literatura permite analizar y discernir si la teoría recolectada durante las investigaciones, puede dar respuesta (aunque sea parcial) a la pregunta de investigación, o si proporciona una dirección a seguir dentro del planteamiento de lo que se busca (Hernández et al., 2014, p.68), es por esto que para ejecutar la revisión de la literatura y así cumplir con los objetivos propuestos, se presenta a continuación el siguiente análisis de la información recolectada en los 51 artículos anteriormente seleccionados para determinar cuáles son aquellas afectaciones generadas a nivel ocupacional por exposición al glifosato en la comunidad agrícola.

6.2.1 *Afectaciones derivadas por la exposición ocupacional al Glifosato*

Este capítulo presenta las investigaciones que nos permiten identificar y analizar cuáles son los efectos adversos en la salud de los agricultores expuestos ocupacionalmente al glifosato; En los artículos seleccionados se identifican áreas temáticas enfocadas en salud, medio ambiente e ingeniería, que desarrollan temas correspondientes a manejo y exposición ocupacional a plaguicidas, poblaciones vulnerables a los químicos agrícolas, actividades que incrementan la exposición ocupacional, afectaciones generadas por contacto con el glifosato entre otros temáticas que ofrecen información esencial para el desarrollo de esta investigación. En la siguiente tabla se presentan los artículos utilizados para este proceso, y las afectaciones generadas por el glifosato según los estudios que desarrollan.

Tabla 12.

Afectaciones del glifosato en la salud según cada artículo

Autores	Revista	Año de Publicación	Afectación en la Salud
*Seneff, S. *Swanson, N. *Li, C.	Agricultural Sciences	2015	-Trastorno del espectro Autista - Trastorno del sueño
*Jayasumana, C. *Amarasinghe, M. *Fernando, A. *Fonseka, S. *Gunatilake, S. *Jayalath, K. *Paranagama, P. *Siribaddana, S.	SpringerPlus	2015	- Enfermedad Renal Crónica de origen desconocido (CKDu)
*Jayasumana, C. *Agampodi, S. *Gunatilake, S. *Paranagama, P. *Siribaddana, S. *Wijewardane, C.	Environmental Health: A Global Access Science Source	2015	- Enfermedad renal Crónica
*Jayasumana, C. * Gunatilake, S. *Siribaddana, S.	BMC Nephrology	2015	- Nefropatía de tipo tubulointersticial (Nefritis Tubulointersticial)
*Fortes, C. *Mastroeni, S. *Segatto, M. *Hohmann, C. *Miligi, L. *Bakos, L. *Bonamico, R.	Journal of Occupational and Environmental Medicine	2016	- Melanoma Cutáneo

Continuación Tabla 12*Afectaciones del glifosato en la salud según cada artículo*

Autores	Revista	Año de Publicación	Afectación en la Salud
*Stella Koutros. *Silverman, D.T. *Alavanja, M.C.R. *Andreotti, G. *Lerro, C.C. *Heltsh, S. *Lynch, C.F. *Sandler, D.P. *Blair, A. *Beane Freeman, L.E.	International Journal of Epidemiology	2016	- Cáncer en la vejiga
*Vandenberg LN *Blumberg B *Antoniou MN *Benbrook CM *Carroll L *Colborn T *Everett LG *Hansen M *Landrigan PJ *Lanphear BP *Mensaje R *Saal FS *Gales WV *Myers JP	Journal of Epidemiology & Community Health	2017	- Enfermedad renal Crónica
*Song Ingul *Seung Yong Cha *Mun Ju Kang *Yong Hwan Kim *Jun Ho Lee *Kwang Won Cho *Seong Youn Hwang *Dong Woo Lee	Journal of The Korean Society of Emergency Medicine	2017	- Corrosión gastrointestinal - Deterioro renal y hepático - Dificultad respiratoria - Alteración de la conciencia - Shock - Arritmia
*Andreotti, G. *Koutros, S. *Hofmann, J. *Sandler, D.P. *Lynch, C.F. *Lubin, J. *Silverman, D.T. *Lerro, C.C. *De Roos, A. *Alavanja, M.C.R. *Parks, C. *Beane Freeman, L.E.	Journal of the National Cancer Institute	2017	- Leucemia mieloide aguda
*Tereza Raquel R. Sena *Angelo Roberto Antonioli	Journal of Otolaryngology Advances	2017	- Hipoacusia con frecuencias altas
*Shrestha, S. *Parks, C.G. *Goldner, W.S. *Kamel, F. *Umbach, D.M. *Ward, M.H. *Lerro, C.C. *Koutros, S. *Hofmann, J.N. *Beane Freeman, L.E. *Sandler, D.P.	Environmental Health Perspectives	2018	- Hipotiroidismo - Enfermedades cardiovasculares - Riesgos en el sistema reproductor - Trastornos neuropsiquiátricos - Mala salud ósea
*Intranuovo, G. *Birtolo, F. *Cavone, D. *Cocco, P. *Ferri, G.M. *Giordano, A. *Ingravallo, G. *Macinagrossa, L. *Mazza, P. *Perrone, T. *Schiavulli, N. *Specchia, G. *Spinosa, C. *Strusi, M. *Vimercati, L.	Biomarkers	2018	- Inducir daños en el ADN (afectación en el sistema inmunitario)
*Barbosa, W.M. *Conti, C.L. *Simão, J.B.P. *Álvares-da-Silva, A.M.	Psychiatry Research	2018	- Síntomas depresivos si el glifosato se combina con otros componentes

Continuación Tabla 12*Afectaciones del glifosato en la salud según cada artículo*

Autores	Revista	Año de Publicación	Afectación en la Salud
*Leyva-Soto, L.A. *Balderrama-Carmona, A.P. *Diaz-Tenorio, L.M. *Gortares-Moroyoqui, P. *Moran-Palacio, E.F.	Applied ecology and environmental research	2018	- Diabetes - Hipertensión
*Ashby, J.L. *Friesen, M. *Gerona, R.R. *Lui, Z. *Parvez, S. *Proctor, C. *Reiter, J.L. *Winchester, P.D.	Environmental Health volume	2018	- Reducción en los periodos de gestación
*Seneff S *Orlando L	Environmental & Analytical Toxicology	2018	- Enfermedad Renal crónica de Origen desconocido
*Cattelan, M.D.P. *Berro, L.F. *Garcia, F. *Machado, M.M. *Manfredini, V. *Maurer, P. *Piccoli, J.d.C.E.	Life Sciences	2018	- Estrés Oxidativo - Alteraciones en el sistema Inmunológico - Diabetes - Obesidad
*Von Ehrenstein, O.S. *Ling, C. *Cui, X. *Cockburn, M. *Park, A.S. *Yu, F. *Wu, J. *Ritz, B.	BMJ Clinical Research	2019	- Trastorno del espectro Autista - Capacidad comórbida
*Gunatilake, S. *Orlando, L. *Seneff, S.	International Journal of Environmental Research and Public Health	2019	- Enfermedad Renal Crónica de origen desconocido (CKDu)
*Perry, M.J. *Belpoggi, F. *Irwin, C. *Mandrioli, D. *Manservigi, F. *Panzacchi, S.	Environmental Health	2019	- Lesiones Renales / Daños Renales
*Díaz-Criollo, S. *Combariza, D. *Idrovo, A.J. *Monroy-García, A.A. *Palma, M. *Varona-Urbe, M.E.	Industrial health	2019	- Rinitis alérgica (mezcla de glifosato con plaguicidas profenofos)
*Santos, R. *Cremonese, C. *Freire, C. *Piccoli, C.	Environmental Research	2019	- Afectaciones en el sistema reproductor masculino - Reducción Tiroxina T4 y Triyodotironina T3
*Kongtip, P. *Nankongnab, N. *Kallayanatham, N. *Pundee, R. *Choochouy, N. *Yimsabai, J. *Woskie, S.	International Journal of Environmental Research and Public Health	2019	- Aumento en la hormona Tiroxina (T4)

Continuación Tabla 12*Afectaciones del glifosato en la salud según cada artículo*

Autores	Revista	Año de Publicación	Afectación en la Salud
*Leon, M.E. *Baldi, I. *Beane Freeman, L.E. *Brouwer, M. *Ferro, G. *Hofmann, J.N. *Kjaerheim, K. *Koutros, S. *Kristensen, P. *Kromhout, H. *Lebailly, P. *Monnereau, A. *Nordby, K.C. *Schinasi, L.H. *Schüz, J. *Straif, K. *Tual, S.	International Journal of Epidemiology	2019	- Generación de linfoma DLBCL (cáncer en los linfocitos)
*Hutter, H.P. *Kundi, M. *Khan, A.W. *Moshammer, H. *Poteser, M. *Wallner, P.	Mutagenesis	2019	- Efectos genotóxicos y citotóxicos en las células bucales
*Pahwa, M. *Beane Freeman, L.E. *Blair, A. *Cantor, K.P. *Demers, P.A. *Dosman, J.A. *Harris, S.A. *McLaughlin, J.R. *Pahwa, P. *Spinelli, J.J. *Weisenburger, D.D. *Zahm, S.H.	Scand J Work Environ Health	2019	- Linfoma no Hodgkin (LNH)
*Antoniolli, Â.R. *De Sena, T.R.R. *Dourado, S.S.F.	Cien Saude Colet	2019	- Hipoacusia con frecuencias altas
*Eriguchi, M. *Hara, H. *Hattori, N. *Iida, K. *Ikeda, S. *Nagayama, H. *Nishioka, K. *Osoegawa, M.	Internal medicine	2019	- Parkinson
*Balderrama-Carmona, A.P. *Zamora- Álvarez, L.A. *Adan-Bante, N.P. *Leyva- Soto, L.A. *Silva-Beltrán, N.P. *Morán- Palacio, E.F. *Valenzuela-Rincón, M.	Environmental Science and Pollution Research	2020	- Alzheimer -Parkinson -Nefropatía -Disfunciones endocrinas -Enfermedad tiroidea (General) -Diabetes mellitus -Hipertensión -Generador de cáncer -Toxicidad en las células del sistema inmunológico / Inmunotoxigenica -Obesidad -Genotóxicos (Daños en las células) -Efectos citotóxicos
*Serestha, S. *Beane Freeman, L.E. *Blair, A. *Chen, H. *Hofmann, J.N. *Parks, C.G. *Richards-Barber, M. *Sandler, D.P. *Umbach, D.M.	Environmental Research	2020	- Parkinson

Continuación Tabla 12*Afectaciones del glifosato en la salud según cada artículo*

Autores	Revista	Año de Publicación	Afectación en la Salud
*Schaeffer, J.W. *Adgate, J.L. *Butler-Dawson, J. *Dally, M. *James, K.A. *Jaramillo, D. *Johnson, R.J. *Krisher, L. *Newman, L.S. *Reynolds, S.J.	International Journal of Environmental Research and Public Health	2020	- Efectos Nefrotóxicos - Enfermedad Renal Crónica de origen desconocido (CKDu)
*Mueangkhiao, P. *Jaikwang, P. *Khachananda, S. *Lungkaphin, A. *Sapbamrer, R. *Seesen, M. *Siviroj, P. *Wunnapuk, K.	Environmental Science and Pollution Research	2020	- Aumento del Síndrome Cardio Renal (sCr)
*Gillezeau, C. *Lieberman-Cribbin, W. *Taioli, E.	Environmental Health	2020	- Lesiones Renales / Daños Renales - Potencial generador de cáncer - Linfoma no Hodking
*Nankongnab, N. *Kongtip, P. *Kallayanatham, N. *Pundee, R. *Yimsabai, J. *Woskie, S.	Toxics	2020	- Aumento de hormonas TSH, T3
*Barbasz, A. *Czyżowska, A. *Kreczmer, B. *Skórka, M.	Environmental Science and Health	2020	- Toxicidad en las células del sistema Inmunológico / Inmunotoxigénicos - Toxicidad en células placentarias y embrionarias de las personas - Estrés oxidativo - Daños en las mitocondrias
*Caye, J.L. *Endruweit Battisti, I.D. *Frank, J.G. *Mattiuzzi, Â.L.	Rev Bras Med Trab	2020	- Pérdida en la capacidad auditiva
*Salazar-Flores, J. *Briones-Torres, A.L. *Ortiz, G.G. *Pacheco-Moisés, F.P. *Romero-Rentería, O. *Torres-Jasso, J.H. *Torres-Sánchez, E.D.	Journal of Occupational Medicine and Toxicology	2020	- Estrés Oxidativo
*Amoatey, P. *Al-Mayahi, A. *Baawain, M.S. *Omidvarborna, H. *Sulaiman, H.	Environ Sci Contaminación Res Int.	2020	- Trastornos reproductivos - Dificultades respiratorias - Alteraciones neurológicas - Irritaciones en la piel

Continuación Tabla 12*Afectaciones del glifosato en la salud según cada artículo*

Autores	Revista	Año de Publicación	Afectación en la Salud
*Fuhrimann, S. *Atuhaire, A. *Farnham, A. *Kromhout, H. *Manfioletti, T. *Mora, A.M. *Mugweri, J. *Namirembe, S. *Niwagaba, C.B. *Portengen, L. *Staudacher, P. *Winkler, M.S.	Environment International	2021	- Deterioro de la memoria Visual -Toxicidad en el sistema nervioso central -Trastorno del espectro Autista
*Abdul, K.S.M. *Asanthi, H.B. *Chaminda, G.G.T. *Chandana, E.P.S. *De Silva, P.M.C.S. *Ekanayake, E.M.D.V. *Gunarathna, S.D. *Gunasekara, T.D.K.S.C. *Jayasinghe, S.S. *Jayasundara, N. *Siribaddana, S.H. *Thakshila, W.A.K.G.	International Journal of Environmental Research and Public Health	2021	- Trastorno del espectro Autista -Alzheimer -Parkinson -Alteración en marcadores renales ACR,TFGe,NGAL (Indicadores de lesión renal inducida) -Enfermedades gastrointestinales -Disfunciones endocrinas -Enfermedades cardiovasculares -Generador de cáncer -Infertilidad
*Alavanja, M.C.R. *Blair, A. *Chen, H. *Freeman, L.E.B. *Koutros, S. *Sandler, D.P. *Shrestha, S. *Umbach, D.M.	Occupational and Environmental Medicine	2021	- Deterioro Olfativo
*Prudente, I.R.G. *Alves, O. *Barreto, A.S. *Gonçalves, V.S.d.S. *Guimarães, A.G. *Kaiser, C.C. *Nascimento, L.d.C. *Pereira, F.A. *Rabelo, T.K. *Santos, A.C. *Santos, M.B. *Silva, D.S.d. *Souza, B.R.S. *Tavares, D.D.S. *de Rezende Neto, J.M.	Environmental Toxicology and Chemistry	2021	- Efectos Nefrotóxicos
*Kongtip, P. *Choochouy, N. *Chungcharoen, J. *Kallayanatham, N. *Khangkhun, P. *Konthonbut, P. *Nankongnab, N. *Pengpumkiat, S. *Phommalachai, C. *Pundee, R. *Sowanthip, P. *Woskie, S. *Yimsabai, J.	Toxics	2021	- Insuficiencia Renal -Aumento de la hormona Tiroxina (T4), alteración en el sistema endocrino -Hipotensión -Taquicardia -Dificultad respiratoria -Desequilibrios electrolíticos

Continuación Tabla 12*Afectaciones del glifosato en la salud según cada artículo*

Autores	Revista	Año de Publicación	Afectación en la Salud
*Fernández, J *Tang, J *McDade, A *Sabino, J *Rosario, Z *Vélez Vega, C *Alshawabkeh, A *Cordero, JF *Meeker, JD *Silver, M.	Environmental Health Perspectives	2021	- Reducción en los periodos de gestación
*Hutter, H.P. *Kundi, M. *Lemmerer, K. *Moshammer, H. *Poteser, M. *Wallner, P. *Weitensfelder, L.	International Journal of Environmental Research and Public Health	2021	- Generador de Cáncer -Malestar general físico
*Intayoung, U. *Khacha-ananda, S. *Kohsuwan, K. *Sapbamrer, R. *Wunnapuk, K.	Safety and Health at Work	2021	-Estrés oxidativo si se mezcla con otro herbicida
*Asensio, C. *Butler-Dawson, J. *Cruz, A. *Dally, M. *James, K.A. *Jaramillo, D. *Johnson, E.C. *Johnson, R.J. *Krisher, L. *Newman, L.S. *Pilloni, D. *Yoder, H.	Kidney International Reports	2021	- Lesiones Renales/Daños renales
*Meloni, F. *Argiolas, A. *Campagna, M. *Cocco, P. *De Matteis, S. *Ferri, G.M. *Gambelunghe, A. *Magnani, C. *Miligi, L. *Montagna, A. *Muzi, G. *Padoan, M. *Pilia, I. *Piro, S. *Satta, G. *Scarpa, A. *Vimercati, L. *Zanotti, R. *Zucca, M.	Environ Health	2021	- Linfoma folicular
*Fuhrmann, S. *Atuhaire, A. *Kromhout, H. *Staudacher, P. *Huss, A. *Mubeezi, R. *van den Brenk, I.	Environment International	2022	- Trastorno del sueño
*Barrett, E.S. *Chen, J. *Ferguson, K.K. *Lesseur, C. *Mandrioli, D. *Martinez, M.N. *Nguyen, R.H.N. *Pathak, K.V. *Pirrotte, P. *Sathyanarayana, S. *Swan, S.H.	Environmental Research	2022	- Reducción en los periodos de gestación
*Eaton, J.L. *Alshawabkeh, A. *Cathey, A.L. *Cordero, J. *Fernandez, J.A. *Meeker, J.D. *Milne, G.L. *Rosario, Z. *Silver, M.K. *Velez-Vega, C. *Watkins, D.J.	Ecotoxicology and Environmental Safety	2022	- Estrés Oxidativo

A partir de la información anterior se elabora la tabla 13, por medio de la cual se presenta un resumen de las afectaciones causadas por el glifosato, destacando comorbilidades relacionadas con lesiones renales, disfunciones endocrinas, potenciales generadores de cáncer, afectaciones en el sistema nervioso, enfermedades cardiovasculares, afectaciones al sistema inmunitario, afectaciones al sistema reproductor, afectaciones al sistema respiratorio y otras relacionadas con múltiples afecciones en el organismo. En la siguiente tabla se presenta una primera agrupación de las enfermedades identificadas en las investigaciones seleccionadas.

Tabla 13.

Afectaciones Generales identificadas en las investigaciones

Enfermedad
<p>Lesiones renales /Daños renales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enfermedad Renal Crónica de origen desconocido (CKDu) • Alteración en marcadores renales ACR, TFGe, NGAL • Síndrome Cardio - Renal (sCr) • Desequilibrios electrolíticos • Efectos Nefrotóxicos • Insuficiencia Renal
<p>Disfunciones endocrinas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Afectaciones Hormonas del Sistema reproductor masculino • Diabetes • Obesidad • Alteración en la Tiroides <ul style="list-style-type: none"> - Aumento Tiroxina (T4) - Reducción Tiroxina T4 Y Triyodotironina T3 - Hipotiroidismo
<p>Generador de cáncer</p> <ul style="list-style-type: none"> • Melanoma Cutáneo • Linfoma no Hodgkin • Generación de linfoma DLBCL (cáncer en los linfocitos)
<p>Afectaciones en el sistema nervioso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trastorno del espectro autista • Deterioro de la memoria Visual • Toxicidad en el sistema nervioso Central • Parkinson • Alzheimer • Trastornos neuropsiquiátricos <ul style="list-style-type: none"> - Trastorno del Sueño - Alteración de la conciencia - Síntomas depresivos (Glifosato combinado con otros componentes)

Continuación Tabla 13.*Afectaciones Generales identificadas en las investigaciones*

Enfermedad
Enfermedades cardiovasculares <ul style="list-style-type: none"> • Síndrome Cardio - Renal (sCr) • Hipertensión • Hipotensión • Taticardia • Arritmia
Afectaciones celulares <ul style="list-style-type: none"> • Estrés oxidativo • Efectos genotóxicos • Efectos citotóxicos • Daños en las mitocondrias
Afectaciones respiratorias <ul style="list-style-type: none"> • Rinitis alérgica - (mezcla de glifosato con plaguicidas profenosos) • Deterioro Olfativo • Neumopatías • Dificultades Respiratorias - Sibilancias Alérgicas
Afectaciones al sistema reproductor <ul style="list-style-type: none"> • Toxicidad en células placentarias y embrionarias • Infertilidad • Disminución en la gestación
Daños en el sistema inmunitario <ul style="list-style-type: none"> • Toxicidad en las células del sistema Inmunológico / Inmunotoxigenica • Daños en el ADN • Linfoma no Hodgkin
Enfermedades Gastrointestinales <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión Gastrointestinal • Deterioro hepático
Afectaciones al sistema Óseo <ul style="list-style-type: none"> • Deterioro de los huesos
Malestar general físico <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad Comórbida • Estado de shock
Enfermedades Auditivas

Una vez detalladas las enfermedades generadas por exposición al agroquímico, se relacionan entre sí la cantidad de documentos que mencionan síntomas, reacciones y/o enfermedades generadas en la población objetivo y se evalúan aquellas afectaciones que

representan mayor relevancia en los estudios desarrollados; a continuación, se presenta la tabla 14 que registra las afectaciones encontradas y el número de artículos que las identifican.

Tabla 14.

Afectaciones a la salud más representativas en la revisión.

Enfermedad	N° Artículos que la mencionan
Enfermedad renal crónica de origen desconocido (CKDu)	6
Alteración en la tiroides	
- Aumento tiroxina (T4)	5
- Reducción tiroxina T4 y triyodotironina T3	
Trastorno del espectro autista	4
Parkinson	4
Linfoma no hodgkin	4
Estrés oxidativo	4
Disminución en la gestación	3
Dificultad respiratoria	3
Alzheimer	2
Efectos nefrotóxicos	2
Insuficiencia Renal	2
Toxicidad en las células del sistema inmunológico/ Inmunotoxigenica (Daños en el sistema inmunitario)	2
Diabetes	2
Trastorno del sueño	2
Hipertensión	2
Efectos citotóxicos y genotóxicos en las células del sistema inmune	1
Efectos citotóxicos y genotóxicos en las células bucales	1
Daños en el ADN (afectación en el sistema inmunitario)	1
Deterioro de la memoria visual	1
Toxicidad en el sistema nervioso central	1
Deterioro Olfativo	1
Alteración en marcadores renales ACR, TFG _e , NGAL (indicadores de lesión renal inducida)	1
Rinitis alérgica (mezcla de glifosato con plaguicidas profanados)	1
Neumopatías	1
Enfermedades gastrointestinales	1
Alteraciones endocrinas (Afectaciones en el sistema reproductor masculino)	1
Enfermedad tiroidea (General)	1
Hipotiroidismo	1
Capacidad comórbida	1

Continuación Tabla 14

Afectaciones a la salud más representativas en la revisión.

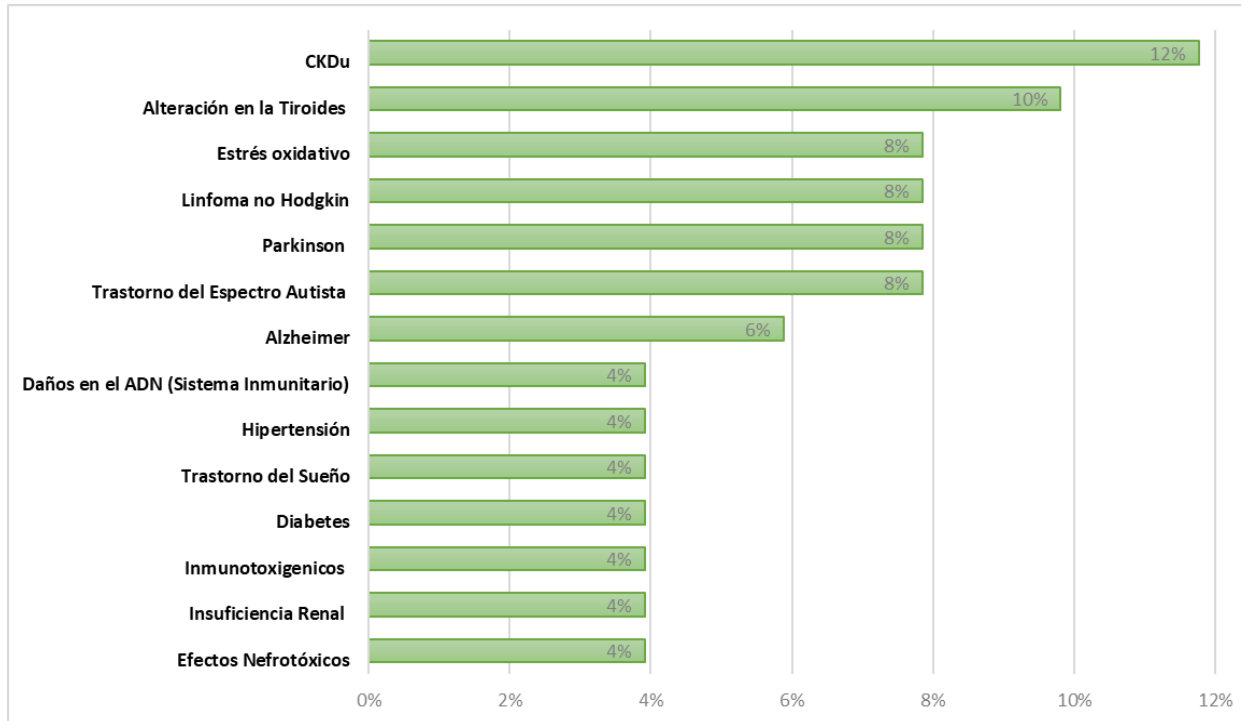
Enfermedad	N° Artículos que la mencionan
Síndrome cardio renal (sCr)	1
Melanoma cutáneo	1
Hipotensión	1
Taquicardia	1
Desequilibrios electrolíticos	1
Corrosión gastrointestinal	1
Deterioro hepático	1
Alteración de la conciencia	1
Estado de shock	1
Arritmia	1
Generación de linfoma DLBCL (cáncer en los linfocitos)	1
Riesgos en el sistema reproductor	1
Malestar general físico	1
Obesidad	1
Toxicidad en células placentarias y embrionarias de las personas	1
Infertilidad	1
Genotóxicos (Daños en las células)	1
Daños en las mitocondrias	1
Trastornos neuropsiquiátricos	1
Síntomas depresivos	1
Mala salud ósea	1
Enfermedades auditivas	1

Nota: Un artículo puede estar contabilizado en dos o más filas, ya que un estudio puede identificar varias afectaciones como se observa en la tabla 13.

A continuación, se expone gráficamente las afectaciones que presentan mayor porcentaje de mención en los artículos evaluados dentro de este subgrupo

Figura 18.

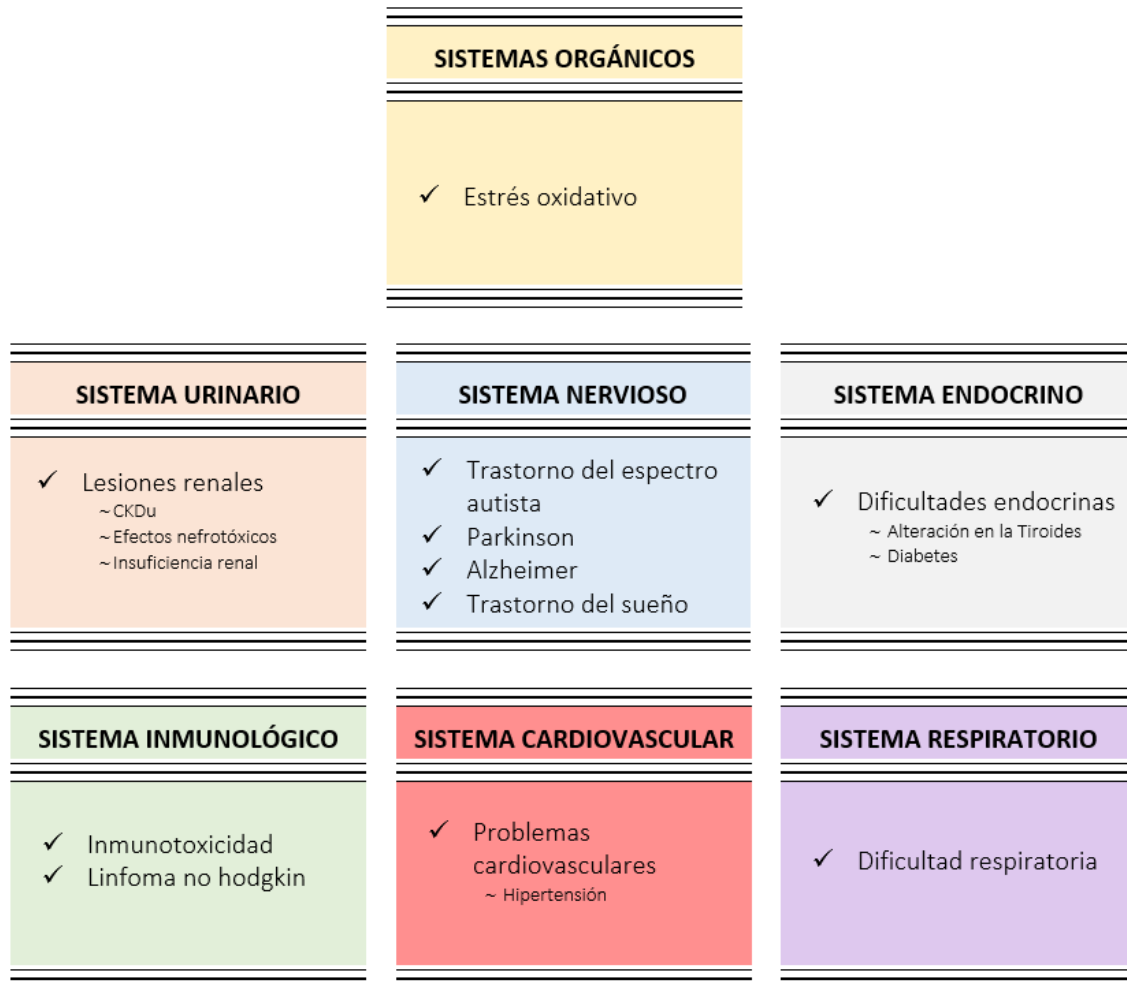
Afectaciones con Mayor Porcentaje de Mención en los artículos de investigación.



Las afectaciones presentadas anteriormente se pueden agrupar en efectos adversos que intervienen en los sistemas orgánicos del cuerpo humano. En la figura 19 se puede apreciar la respuesta a la pregunta de investigación, ya que allí se indican los efectos nocivos a los sistemas orgánicos de los agricultores expuestos ocupacional al glifosato, herbicida implementado para la erradicación de arvenses.

Figura 19.

Agrupación de las Afectaciones según los sistemas implicados

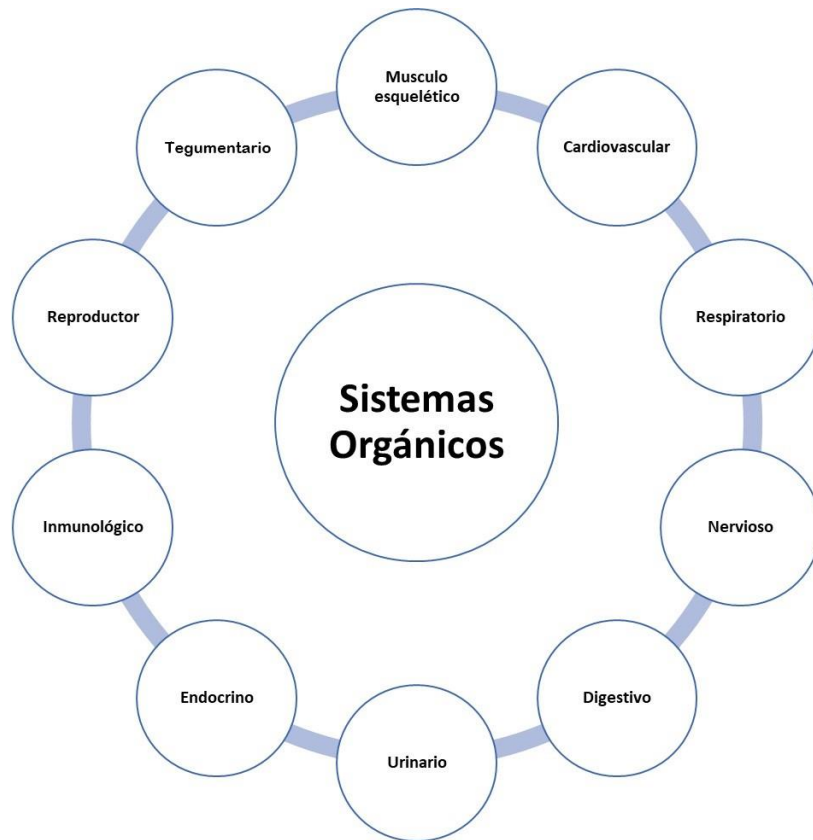


6.2.1.1 Afectaciones en los sistemas orgánicos. El cuerpo humano está constituido por sistemas, estos son grupos de órganos que trabajan conjuntamente para llevar a cabo funciones complejas de tipo biológico, que permite en el caso del cuerpo humano el desarrollo cotidiano de tareas físicas y cognitivas de supervivencia. En este sentido, el cuerpo humano es una gran estructura compuesta de sistemas funcionales que trabajan en conjunto de acuerdo con las necesidades del organismo. (Villa-Forte, 2022; MD, 2022)

La siguiente grafica presenta los sistemas que componen el cuerpo humano:

Figura 20.

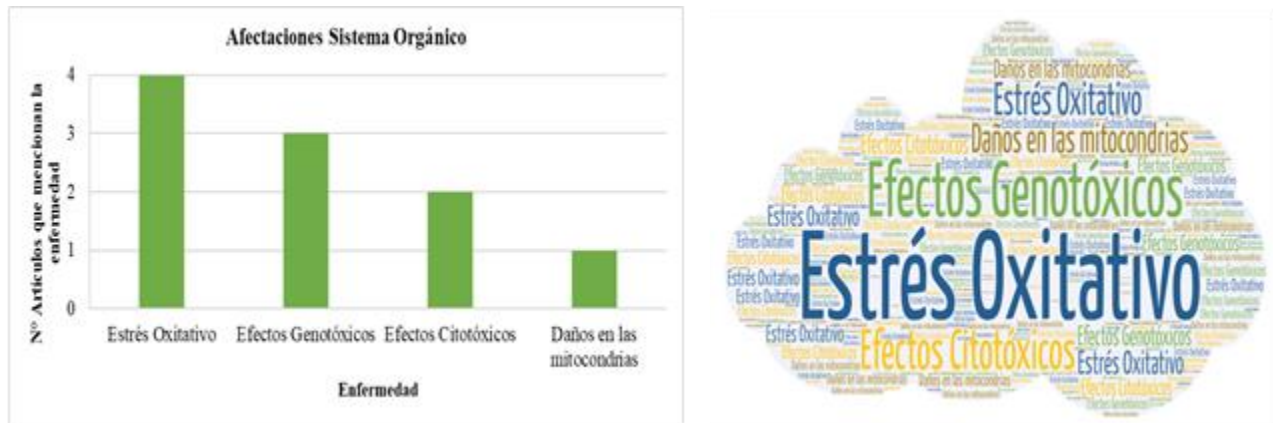
Sistemas funcionales del cuerpo humano.



Los anteriores sistemas, pueden presentar afectaciones cuando existe alguna alteración biológica en cierto órgano y/o tejido, afectaciones generadas por alguna disfunción interna o por factores externos como sustancias químicas, siendo el caso de los ya mencionados pesticidas, específicamente el glifosato, un herbicida asociado con enfermedades específicas en algunos sistemas funcionales y también alteraciones al sistema orgánico que pueden derivar en enfermedades más graves.

Figura 21.

Diagrama de barras y lluvia de palabras de las afectaciones al Sistema Orgánico.



6.2.1.1.1. Estrés Oxidativo. El estrés oxidativo, es una reacción natural generada en el organismo cuando este no es capaz de equilibrar la cantidad de sustancias oxidantes producidas por las células; la oxidación, es un proceso natural del funcionamiento celular del cuerpo humano que genera alteraciones en el material genético cuando existe un incremento exponencial de estas sustancias oxidantes, desencadenando reacciones sintomatológicas capaces de alterar el funcionamiento normal de los diferentes órganos y sus sistemas, siendo el punto de inicio de muchas enfermedades como cáncer, enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas entre muchas otras (Arranz, 2022) .

Diversas investigaciones han asociado la exposición a químicos agrícolas como el glifosato con la alteración de los marcadores de oxidación celular en el organismo, una de estas investigaciones realizadas en una población agrícola de Brasil (Pavanelo Cattelan et al., 2018) confirma la exposición al glifosato como el causante número uno del estrés oxidativo, ratificandose esta idea con un estudio realizado en una muestra de agricultoras en estado de embarazo, cuyos resultados demostraron asociación de altos niveles de estrés oxidativo con el

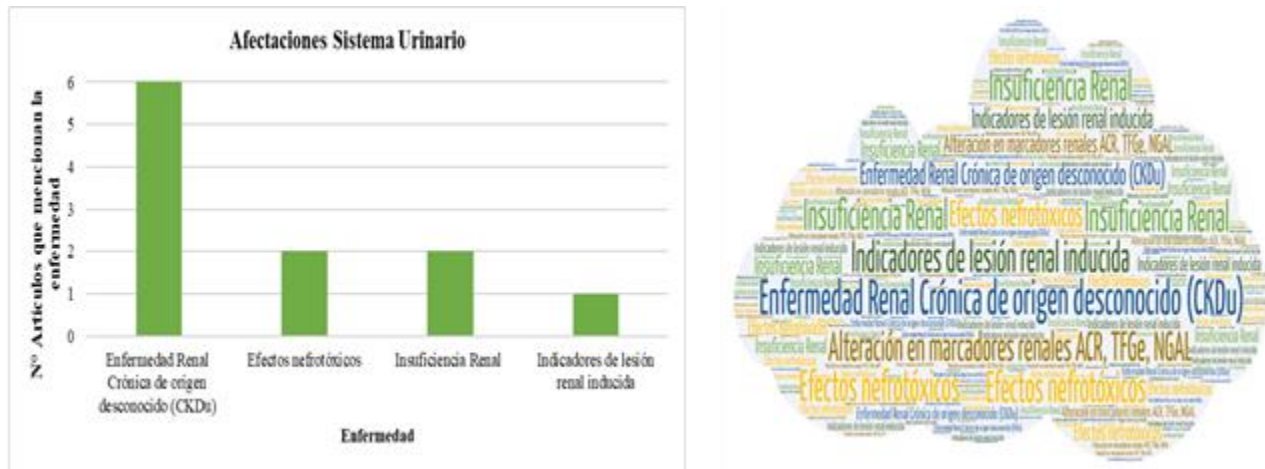
uso del glifosato para sus labores en el campo (Eaton et al., 2022), incrementándose estos resultados reactivos de oxígeno cuando existe una exposición sin ningún tipo de cuidado y control con EPPs (Intayoung, Wunnapuk, Kohsuwan, Sapbamrer, & Khacha-ananda, 2021), lo que demuestra un gran inconveniente que requiere de atención por parte de los entes de regulación y control para evitar el desencadenamiento de afectaciones a los sistemas del cuerpo, enfermedades como las que se mencionarán en apartados posteriores.

6.2.1.2 Afectaciones en el Sistema Urinario. El sistema urinario está conformado por un grupo complejo de órganos encargados de fabricar, almacenar y eliminar la orina (sustancia resultante de la depuración y filtración sanguínea). Este conjunto de órganos está constituido por dos riñones, dos uréteres, la vejiga, la uretra y el meato urinario, porción terminal de la uretra, es el final del conducto excretor del aparato urinario, la uretra (Clínica Universidad de Navarra, s,f); los riñones órganos fundamentales del sistema nefro urinario son los encargados de filtrar la sangre y producir la orina, conservando con este proceso el equilibrio interno del cuerpo ya que permite mantener la homeóstasis sanguínea (Fernández, 2009; Hemstreet, 2012).

La exposición ocupacional al glifosato a partir de los estudios evaluados, han revelado la afectación directa de este sistema funcional en el ser humano, causando deterioros en la salud del afectado como algunas lesiones renales y efectos nefrotóxicos e incluso provocar insuficiencia renal que puede transformarse en una afectación mucho más compleja como la llamada Enfermedad Renal Crónica (ERC), afectaciones que serán evaluadas y profundizadas a continuación.

Figura 22.

Diagrama de barras y lluvia de palabras de las afectaciones al Sistema Urinario.



6.2.1.2.1. Lesiones Renales. Las lesiones renales, también llamadas nefropatías, son afectaciones que generalmente comprometen los riñones, estas lesiones pueden comprometer uno o varios elementos del riñón y la gravedad de cada tipo de lesión puede ser muy variable según el caso; se pueden presentar lesiones leves y reversibles con algunas afectaciones a largo plazo al causar por ejemplo insuficiencia renal, algunos efectos nefrotóxicos, o derivar en lesiones potencialmente mortales como la denominada enfermedad renal crónica.

Existen diversas causas que generan una lesión renal, entre ellas, la exposición a plaguicidas como el glifosato; según reveló un estudio realizado en E.E.U.U, los niveles de exposición al glifosato en individuos ocupacionalmente expuestos es alto, ya que gran parte de los agricultores manipulantes del herbicida muestran concentraciones positivas del mismo en sus biomarcadores, lo que convierte al agroquímico en potencial generador de daños renales especialmente cuando no se tienen medidas adecuadas de protección y manipulación (Gillezeau

et al., 2020; Perry et al., 2019). Lo anterior, se puede ratificar con una investigación implementada en una población de agricultores, la cual evaluó los efectos a nivel renal cuando estos individuos utilizaron ciertos plaguicidas, en el mismo se encontró inicialmente altos niveles de diversos metales y agroquímicos como el glifosato, especialmente dentro del organismo de las mujeres evaluadas en comparación con los hombres de la población en estudio; en general, la investigación resalta una correlación directa entre la exposición al glifosato con alteraciones de los niveles normales en algunos biomarcadores por medio de los cuales se mide el riesgo y desarrollo de enfermedades de tipo renal (Abdul et al., 2021).

6.2.1.2.1.1 Enfermedad Renal Crónica. La enfermedad Renal Crónica es una de las lesiones más peligrosas en el sistema Urinario, es una alteración de los riñones que consiste en el deterioro progresivo e irreversible de la función renal, es decir, los riñones dejan de realizar sus funciones básicas en la eliminación de los desechos del organismo por medio de la orina al no ser capaz de fabricarla o en el caso de fabricarla, es una orina acuosa y de poca consistencia lo que causa la acumulación de líquidos y desechos en el cuerpo produciendo alteraciones generales en *el mismo*. (ALCER Giralda, 2021; Fundación Puigvert, 2020; Navarra, 2020).

Respecto a la conexión existente entre el uso del glifosato y el desarrollo de la enfermedad en cuestión, diversas investigaciones afirman que el glifosato es un químico potencialmente nefrotóxico que posiblemente contribuye con el riesgo de la enfermedad renal crónica con sus siglas en inglés CKD o en español ERC (Schaeffer et al., 2020), riesgo que se considera mayor para las personas expuestas al componente químico de forma ocupacional, especialmente en los agricultores cuando no usan equipos de protección personal y usan ropa escasa debido al calor cuando rocían pesticidas (Gunatilake et al., 2019; Jayasumana, Fonseka, et

al., 2015; Jayasumana, Paranagama, et al., 2015) , situación que enfrentan agricultores de diversos tipos de cultivos alimenticios como el arroz o la caña de azúcar (Vandenberg et al., 2017).

6.2.1.2.1.2. Efectos Nefrotóxicos. Los Efectos Nefrotóxicos, también conocidos como nefropatías tóxicas, son alteraciones de la estructura y/o funciones renales causadas por sustancias exógenas o endógenas, es decir sustancias capaces de generar lesiones en el aparato urinario por su naturaleza venenosa o dañina para el riñón, debido a que el riñón es órgano muy sensible a las sustancias tóxicas dada su gran vascularización y su propia función como depurador de sustancias (NIH, 2021; Serrano, 1995).

A partir de lo anterior es apropiado mencionar que algunas investigaciones resaltan al glifosato como una poderosa sustancia exógena, un químico potencialmente nefrotóxico (Schaeffer et al., 2020), capaz afectar la función renal de los individuos expuestos ocupacionalmente, especialmente los trabajadores agrícolas teniendo en cuenta los niveles de exposición a los que se enfrentan (Prudente et al., 2021).

6.2.1.2.1.3. Insuficiencia Renal. Es una afección que provoca la disminución de la función renal al menos del 15% de lo normal en quién la padece; En esta enfermedad, los riñones dejan de funcionar y no pueden eliminar los desperdicios y el agua adicional de la sangre, o mantener en equilibrio las sustancias químicas del cuerpo por lo que se empiezan a generar ciertas deficiencias en el organismo. (NIH, 2018, 2020).

En este sentido, se ha mencionado y relacionado la aparición de este tipo de lesiones con la intoxicación aguda de humanos por el glifosato (Kongtip et al., 2021) ya que con su uso es más elevado el riesgo de que se genere la retención de ciertos desechos en el organismo por el

mal funcionamiento de los riñones, desechos como la denominada creatinina sérica, proveniente de los músculos y presente en la sangre, la cual es filtrada del sistema circulatorio por los riñones sanos y eliminada por la orina (American Kidney Fund, 2021), y es que según un estudio realizado para determinar los daños causados por algunos plaguicidas en las comunidades agrícolas, se encontró que existe una relación entre la creatinina sérica (sCr) y el glifosato, lo que conlleva a que entre mayor sea la exposición al herbicida mayores serán los niveles de sCr, lo que causaría una insuficiencia renal o nefritis (inflamación del riñón) (Mueangkhiao et al., 2020), ratificándose con lo anterior la elevada posibilidad de padecer esta afección por culpa de la exposición a plaguicidas como el glifosato.

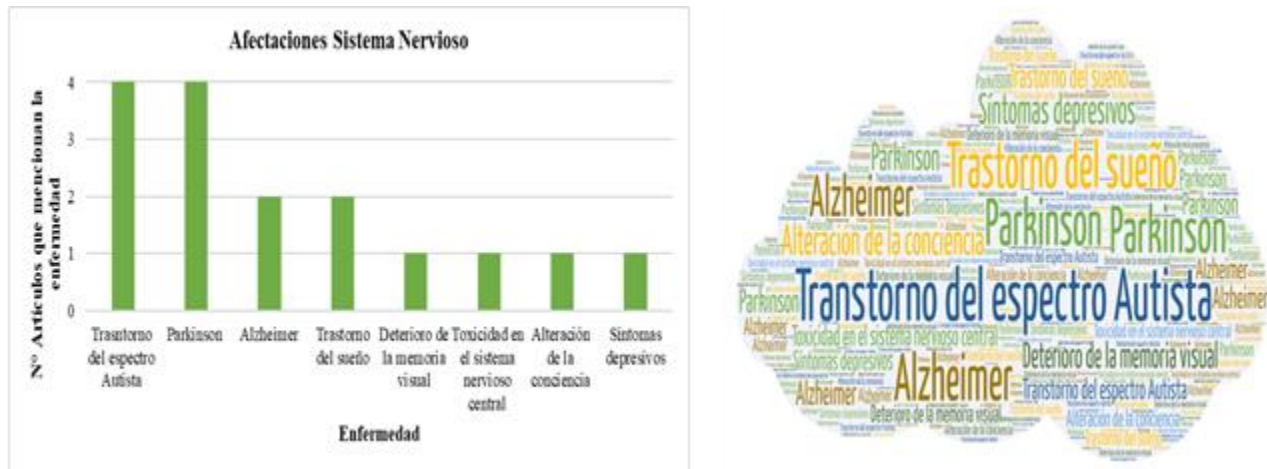
6.2.1.3 Afectaciones en el Sistema Nervioso. El sistema nervioso según lo define la biblioteca Nacional de Medicina en los Estados Unidos, MedlineP.lus (2017), es el sistema encargado de transmitir señales entre el cerebro y el resto del cuerpo, con el fin de controlar habilidades motrices como el movimiento, la respiración, entre otras.

Este sistema a su vez se divide en sistema nervioso central y sistema nervioso periférico, el primero, conformado por el cerebro y la médula espinal, es el encargado de controlar todas las funciones del cuerpo siendo el centro de procesamiento principal del sistema nervioso, y el segundo, conformado por los nervios, permite que el sistema nervioso central reciba y envíe información a otras áreas del cuerpo

La exposición ocupacional al glifosato en este sentido ha revelado la afectación directa de este sistema funcional en el ser humano, causando enfermedades como el trastorno del espectro autista, Parkinson y Alzheimer según lo revelan varios estudios y artículos de investigación.

Figura 23.

Diagrama de barras y lluvia de palabras de las afectaciones al Sistema Nervioso.



6.2.1.3.1. Trastorno del espectro autista. El autismo, según lo definen los doctores María Fernanda Bonilla y Roberto Chaske, en su artículo “Trastorno del espectro autista” (2018), es un conjunto de afectaciones a nivel neuronal que inicia en la infancia y perdura en quienes lo padecen durante toda su vida, generando en los implicados conflictos de comunicación, de comportamiento, de interacción social entre otras afectaciones del desarrollo conductual en el ser humano.

En este punto, según lo demuestran varios estudios, la exposición aguda al glifosato puede provocar una toxicidad directa en el sistema nervioso central especialmente cuando la gestante tienen gran proximidad con el químico (Fuhrmann et al., 2021) revelándose un riesgo de pequeño a moderado para desarrollar el trastorno autista en la descendencia con exposición prenatal al glifosato cuando la madre está en exposición prenatal hasta a 2000 m del área agrícola, generándose un mayor riesgo de padecer este trastorno junto con discapacidad

intelectual comórbida cuando las exposiciones se dan durante el primer año de vida de los infantes (Von Ehrenstein et al., 2019).

6.2.1.3.2. Parkinson. El Parkinson según lo define el doctor Fabio Salamanca en su artículo los genes y la enfermedad de Parkinson (2004), es un desorden neurodegenerativo de tipo progresivo y prolongado, presentado especialmente en edades adultas, caracterizado por temblor involuntario, rigidez, pérdida de la expresión facial, salivación y manifestaciones psiquiátricas; la comorbilidad según algunas investigaciones, puede ser causada por diversos factores como el genético, con un 5% de probabilidades de padecimiento por antecedentes familiares, y por factores de tipo ambiental, como a los que están expuestos los involucrados con la agricultura y la residencia en el campo, ya que los pesticidas se asocian fuertemente con la aparición de esta enfermedad (Marín et al., 2018).

De acuerdo a lo anterior y siguiendo la línea de investigación respecto a un pesticida de gran controversia como el glifosato, relacionado con este tipo de problemas congénitos y del neurodesarrollo (Balderrama-Carmona et al., 2020), la literatura y algunas de sus investigaciones mencionan que la exposición a este agroquímico puede contribuir al desarrollo de enfermedades crónicas y degenerativas como el Parkinson (Abdul et al., 2021), especialmente en personas vulnerables a sus exposición, demostrado en un estudio realizado en los Estados Unidos, sobre la población de agricultores y sus conyuges, donde se determinó un riesgo elevado aunque un poco impreciso, de sufrir la enfermedad de Parkinson por causa de herbicidas como el glifosato. (Shrestha et al., 2020).

6.2.1.3.3. *Alzheimer.* La enfermedad de Alzheimer es un trastorno neurológico, un tipo de demencia que provoca la muerte de células nerviosas en el cerebro; esta enfermedad es considerada un problema social para millones de familias y para los sistemas nacionales de salud de todo el mundo debido a las dificultades que ocasiona, puesto que afecta habilidades cognitivas, generando por ejemplo interferencias en la capacidad para tomar decisiones, llevar a cabo tareas de tipo cotidiano, e incluso según en la etapa en la que se encuentre puede generar modificaciones en la personalidad del paciente y desarrollar entre otras cosas conductas de tipo problemático que se agravan con el tiempo y sobre las cuales no existe ningún tipo de retroceso o disminución (Vasconcelos, 1990).

En este sentido, es preciso mencionar que diversas investigaciones al igual que en el anterior ítem han declarado al glifosato como una sustancia potencialmente estimuladora a la generación de enfermedades crónicas, de tipo congénito y del neurodesarrollo como el Alzheimer (Abdul et al., 2021; Balderrama-Carmona et al., 2020), cuestión por la que hoy día se continúan realizando estudios para evaluar a profundidad esta situación y evitar que más personas puedan padecer este tipo de enfermedades.

6.2.1.3.4. *Trastorno del sueño.* El sueño es un estado biológico activo, periódico, compuesto por dos etapas importantes conocidas como sueño nrem y rem, las cuales se alternan mutuamente especialmente durante la noche cuando los períodos de descanso son normalmente más prolongados; durante el período del sueño intervienen factores encargados de modular diversos sistemas por medio de los relojes biológicos y un sin número de neurotransmisores específicos, este conjunto puede ser identificado como una red neuronal compleja, en la que

intervienen especialmente diversas zonas del sistema nervioso central que puede verse afectado cuando el proceso del sueño no se desarrolla con normalidad .

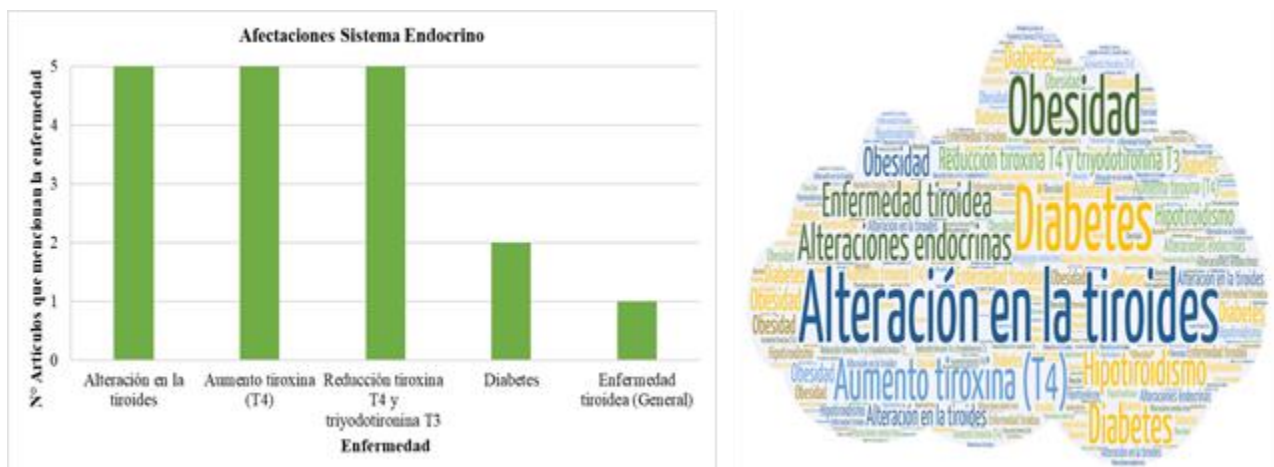
Según la biblioteca nacional de medicina MedlinePlus (2020), los trastornos del sueño se pueden describir como afecciones que provocan cambios en la forma de dormir, esta patología no representa una afectación grave en quién la padece, pero puede afectar directamente la vida cotidiana presentado sintomatologías como “dificultades para conciliar el sueño o permanecer dormido, quedarse dormido en momentos inapropiados, dormir demasiado y conductas anormales durante el sueño” (MedlinePlus, 2020); la patología en mención según lo afirma en una publicación la Clínica Nacional de Navarra (2021), puede originarse por diversas razones, apareciendo en ocasiones como síntoma de otras enfermedades o grandes exposiciones a diversos factores de riesgo como los mencionados en algunos estudios que relacionan la exposición a químicos agrícolas con los problemas para dormir, estos artículos de investigación revelan una relación directa entre la implementación del glifosato y los problemas de sueño, asociados a enfermedades de tipo neurológico y del sistema nervioso central (Fuhmann et al., 2022; Seneff et al., 2015)

6.2.1.4 Afectaciones en el Sistema Endocrino. El sistema endocrino es un sistema de señales que cumple tareas similares a las desarrolladas por el sistema nervioso, pero que, a diferencia de este último trabaja con sustancias químicas (hormonas) y no por impulsos eléctricos; El sistema endocrino está formado por el hipotálamo, la hipófisis, la glándula tiroides, las paratiroides, los islotes, las glándulas suprarrenales, las gónada y la placenta, órganos que se encargan de producir y secretar hacia al torrente sanguíneo, las llamadas hormonas, sustancias que trabajan como mensajeras químicas y que tienen la capacidad de afectar muchos procesos del cuerpo como: el crecimiento y desarrollo, el metabolismo, la función sexual, la reproducción, el estado de ánimo, entre otros (MedlinePlus, 2021; Reiriz Palacios, 2009).

La exposición ocupacional al glifosato en este sentido ha revelado algunos daños directos en este sistema del ser humano, causando afectaciones generales como algunas *Disfunciones Endocrinas*, dentro de las que se destacan según la literatura algunas *afectaciones* relacionadas con la *hormona Tiroides*, y sobre las cuales se profundizará a continuación.

Figura 24.

Diagrama de barras y lluvia de palabras de las afectaciones al Sistema Endocrino.



6.2.1.4.1. Disfunciones Endocrinas. Las disfunciones endocrinas son aquellas enfermedades o trastornos desarrollados en el sistema endocrino que a nivel general consisten en la secreción irregular de hormonas (Concentraciones hormonales demasiado altas o bajas) provenientes de alguna de las ocho glándulas principales, o sí el organismo no responde a las hormonas de la forma en que debería hacerlo (MedlinePlus, 2020b).

Actualmente, existen muchas sustancias que se relacionan con este tipo de problemas, sustancias denominadas disruptores endocrinos, capaces de alterar el sistema hormonal y ser causantes de: “ enfermedades relacionadas con la salud reproductiva de la mujer (cáncer de mama, infertilidad, pubertad precoz, etc.), trastornos de la función reproductora masculina (afecciones de próstata, pérdida de la calidad seminal, malformaciones congénitas del aparato reproductor), trastornos metabólicos (diabetes u obesidad) y cáncer de tiroides” (Instituto Nacional Vive Sano, 2020) ; La exposición a este tipo de sustancias es inevitable debido a que estamos rodeados de ellas continuamente con los productos que se usan en las casas, en el trabajo e incluso en el campo, donde los agricultores usualmente manipulan químicos como pesticidas para el cuidado de sus cultivos.

A partir de lo anterior y relacionando el alto uso del glifosato como pesticida para el control y cuidado de los cultivos alimenticios es posible relacionar el potencial riesgo al que se enfrentan los agricultores expuestos ocupacionalmente al herbicida en cuestión, con aparentes interrupciones y disfunciones de tipo endocrino que aún hoy día se encuentran en mayor evaluación (Abdul et al., 2021; Balderrama-Carmona et al., 2020).

6.2.1.4.1.1. Afectaciones en la Hormona Tiroides. Este tipo de afectación es consecuencia de algunos daños y disrupciones sufridas en la glándula Tiroides, órgano fabricante y secretor de la hormona tiroidea, sustancia encargada de controlar varias actividades del organismo, dentro de las que se encuentran la velocidad con la que se queman calorías, el ritmo cardíaco, entre otras, que generalmente se relacionan con el metabolismo del cuerpo; las afectaciones más conocidas e importantes respecto a la glándula tiroides son: el agrandamiento de la glándula (bocio), el hipertiroidismo, hipotiroidismo y Cáncer en la tiroides (MedlinePlus, 2020).

Las causas que derivan al padecimiento de esta enfermedad son generalmente de tipo genético, pero existen algunas otras que la relacionan con factores externos como ciertas sustancias químicas manipuladas cotidianamente por el hombre como los pesticidas, siendo el caso preciso la relación que existe del desarrollo de este tipo de enfermedad con la exposición ocupacional al herbicida Glifosato por parte de los trabajadores agrícolas, ya que algunas investigaciones demuestran la asociación de su uso con el aumento y/o disminución de la hormona tiroidea T4 (principal hormona producida por la glándula tiroides) (Kongtip et al., 2019, 2021; Santos et al., 2019), y el desarrollo de enfermedades como el hipotiroidismo (Shrestha et al., 2018) y el hipertiroidismo (Kongtip et al., 2021).

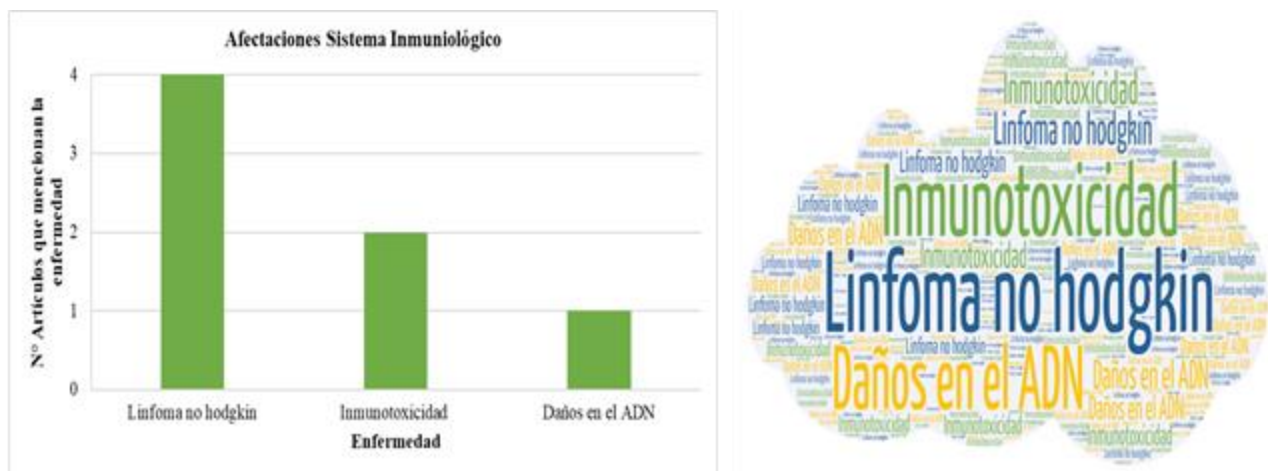
6.2.1.4.1.2. Diabetes. La diabetes Mellitus, es un tipo de enfermedad que altera la manera en la que el cuerpo utiliza la glucosa del torrente sanguíneo (principal fuente de energía para los seres vivos) (Mayo Clinic, 2022) ; esta afectación según lo menciona la NIH (National Institutes of Health), es una enfermedad que se presenta cuando el nivel de glucosa en la sangre, también conocido como azúcar en la sangre, es demasiado alto, debido a que la hormona encargada de su regulación (la insulina) no se produce con normalidad, lo que causa que este tipo de azúcar se quede en la sangre generando con el tiempo problemas de salud.

Actualmente los principales tipos de diabetes se conocen como la diabetes tipo 1, cuando el cuerpo no produce insulina por causa del sistema inmunológico; la diabetes tipo 2 cuando la insulina no se produce o se usa adecuadamente y la diabetes gestacional, presentada en mujeres embarazadas que puede desaparecer o ser el precedente de la diabetes tipo 2, después del parto (NIDDK, 2016).

Este tipo de enfermedades, aunque en muchos casos es de tipo hereditaria, puede desarrollarse por lesiones en el páncreas y por enfermedades de tipo hormonal, siendo está la causa más común cuando existe exposición a productos químicos como es el caso de la población en estudio de este proyecto, comunidad expuesta ocupacionalmente al glifosato, y propensa a desarrollar diabetes mellitus según confirman estudios realizados en México en grandes zonas agrícolas de este país, el valle de mayo y la ciénaga de Jalisco (Balderrama-Carmona et al.,2020; Cattelan et al., 2018), dónde la comunidad agrícola utiliza el glifosato en gran proporción para la eliminación de arvenses en cultivos y donde la exposición se demuestra no solo durante la aplicación del herbicida, sino también durante el consumo de suministros básicos como el agua mientras están desarrollando sus labores.

6.2.1.5 Afectaciones en el Sistema Inmunitario. El sistema inmunitario según lo define un artículo publicado por la Clínica Universidad de los Andes (2020), es una red de órganos, tejidos y células, cuya función es proteger al cuerpo, vigilando, detectando y atacando cualquier agente extraño, dañino o infeccioso como virus, bacterias u otros tipo de sustancias que pueda afectar al organismo; aunque este sistema es el encargado de la protección del cuerpo en general, también puede sufrir diversos daños y afectaciones que causan alteración en las funciones que desempeña, estas afectaciones pueden ser producto de algunas enfermedades o también de agentes externos como las llamadas sustancias inmunotóxicas (productos químicos capaces de alterar las funciones del sistema inmune) y generar enfermedades como la inmunotoxicidad.

Figura 25. Diagrama de barras y lluvia de palabras de las afectaciones al Sistema Inmunitario.
Diagrama de barras y lluvia de palabras de las afectaciones al Sistema Inmunitario.



6.2.1.5.1 Inmunotoxicidad Es un daño para el sistema inmunitario causado por la exposición a sustancias químicas generalmente de tipo tóxica para el cuerpo; varias sustancias químicas comunes pueden dañar el sistema inmunológico y hacer que funcione inadecuadamente generando efectos nocivos que pueden ser temporales o permanentes, algunos de los efectos más conocidos son: hipersensibilidad, inflamación crónica, inmunosupresión, inmunoestimulación y autoinmunidad (Fundación Carlos Slim, 2019).

En este sentido es imprescindible mencionar que una de las sustancias categorizada como inmunotóxica, capaz de generar tales afectaciones en el sistema inmunológico es el glifosato, agroquímico de gran utilización por las comunidades agrícolas (Balderrama-Carmona et al., 2020) que ha sido etiquetada como sustancia citotóxica para las células del sistema inmunológico humano, siendo capaz de provocar pérdidas significativas en la actividad fisiológica de las células del sistema de defensa y, por tanto, debilitar todo el organismo (Barbasz et al., 2020).

6.2.1.5.2 Cáncer. Según el instituto internacional del cáncer (NIH), el cáncer es una enfermedad en la que algunas células del cuerpo se multiplican sin control y se esparcen a otras partes del cuerpo (NIH, 2021).

Las células de tipo canceroso pueden aparecer como resultado de diversos cambios en la genética y por daños en el ADN (NIH, 2021; American Cancer Society, 2020) alteraciones causadas por múltiples factores como: los genes heredados, el estilo de vida, y la exposición a elementos dañinos del ambiente que rodea a los individuos, agentes cancerosos como las sustancias químicas, resaltando para el caso los llamados pesticidas, especialmente el glifosato, un herbicida señalado como se ha mencionado en anteriores apartados, como potencial generador de cáncer y cuyas investigaciones se han podido validar por diversos estudios desarrollados en

comunidades agrícolas de países como México, Ecuador y EEUU que apoyan dichos resultados (Hutter et al., 2021; Balderrama-Carmona et al., 2020; Leon et al., 2019; Stella Koutros et al., 2016).

Según la sociedad americana del cáncer (American Cancer society), existen diversos tipos de cáncer que se dividen en dos categorías, los cánceres de tumor sólido desarrollados en cualquier parte del cuerpo y los cánceres hematológicos, asociados a la sangre como es el caso de la leucemia, el mieloma múltiple y el linfoma (American Cancer Society, 2020) siendo este último el más destacado y mencionado como afectación a causa de la exposición ocupacional al glifosato.

6.2.1.5.2.1 Linfoma no Hodgking. También conocido como NHL, el linfoma no hodgking, según la asociación americana del cáncer, es un tipo de cáncer que inicia en los glóbulos blancos, células que hacen parte del sistema inmunitario y cuya función es combatir las infecciones y/o enfermedades que puedan afectar el cuerpo (American Cancer Society, 2018); los linfomas pueden iniciar en cualquier parte del cuerpo por donde se transporten los linfocitos (glóbulos blancos) y el tipo de NHL depende de la clase de linfocito afectado (células B, protectoras de bacterias o virus y células T, encargadas de destruir gérmenes y células anormales) (American Cancer Society, 2018).

Respecto a las causas que desencadenan el NHL, muchos factores pueden destacarse, entre ellos la exposición ocupacional al glifosato, asociación demostrada en varios estudios realizados en comunidades agrícolas, que relacionan el uso de este herbicida con la aparición del linfoma en quienes lo utilizan para el cuidado de los cultivos, el primero de estos artículos de investigación, declara que el uso de glifosato en un entorno laboral puede aumentar el riesgo de linfoma no Hodgkin hasta en un 41%, destacando que los subtipos histológicos específicos del

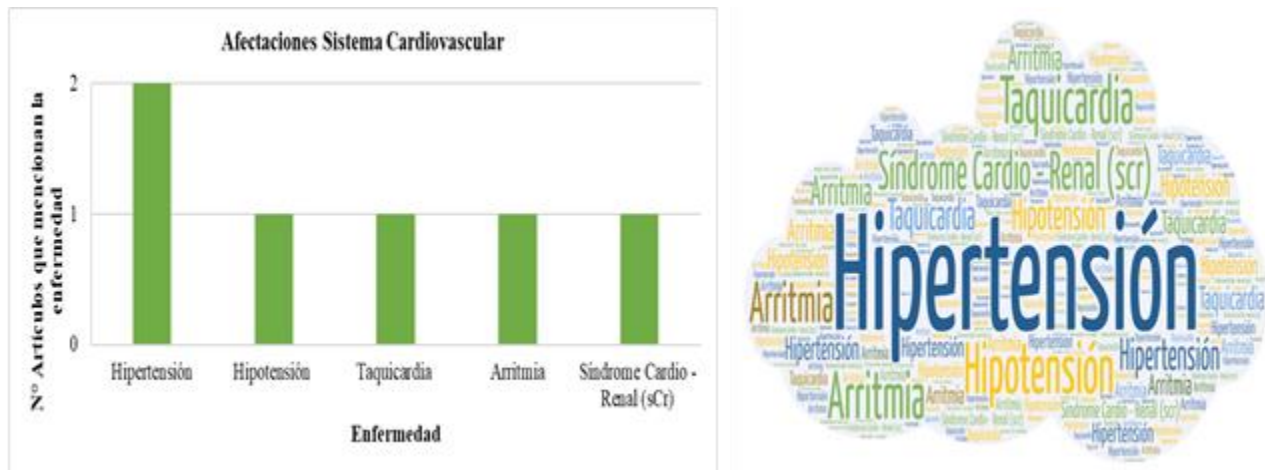
linfoma no Hodgkin puede ser asociado a la exposición al glifosato (Gillezeau, et al., 2020); un segundo estudio, declara una asociación directa del uso del glifosato con la generación de linfoma en las células B, de quienes están expuestos ocupacionalmente al agroquímico (Leon et al., 2019) y finalmente un tercer estudio declara correlaciones estadísticas y directas de la exposición ocupacional al glifosato y la aparición de LNH en la población evaluada. (Pahwa et al., 2019).

6.2.1.6 Afectación en el sistema cardiovascular. El sistema cardiovascular, también llamado sistema circulatorio, es uno de los sistemas funcionales del cuerpo compuesto por “por el corazón y los vasos sanguíneos: una red de venas, arterias y capilares que suministran oxígeno desde los pulmones a los tejidos de todo el cuerpo a través de la sangre gracias al bombeo del corazón” (Bupa, 2020).

La salud del sistema cardiovascular puede verse afectada al igual que los demás sistemas funcionales por diversos padecimiento y problemas cardiacos que complican la calidad de vida de quienes los padecen, problemas que pueden ser generados por enfermedades asociadas a otros sistemas orgánicos o por factores de tipo hereditario.

Figura 26.

Diagrama de barras y lluvia de palabras de las afectaciones al Sistema Cardiovascular.



6.2.1.6.1 Afectaciones cardiovasculares. Las enfermedades de tipo cardiovascular, son un determinado grupo de afectaciones asociadas a “problemas con el corazón y los vasos sanguíneos” (MedlinePlus, 2022), estas comorbilidades representan un gran peligro para la población en general y se destaca como una de las principales causas de mortalidad en todos los grupos étnicos y raciales según varias investigaciones realizadas por el gobierno de Rioja (La Rioja, 2022) , ya que en algunos casos, como se demuestra en un estudio realizado a la comunidad de Sri Lanka, pueden asociarse como consecuencia de exposición a agentes externos y dañinos como los pesticidas, específicamente el glifosato (Abdul et al., 2021), provocando alteraciones en los biomarcadores de los afectados, (Amoatey et al., 2020) en y/o ser efecto secundario de otras enfermedades provocadas por esta exposición (Shrestha et al., 2018).

Las afectaciones más comunes asociadas a enfermedades cardiovasculares son la arteriosclerosis y la llamada hipertensión, un padecimiento que, según la OPS, representa el 50

% de las enfermedades cardiovasculares en América latina (OPS, 2022), y que se asocia en algunos casos como consecuencia de exposición a agentes externos y dañinos a la salud como los pesticidas (La Rioja, 2022).

6.2.1.6.1.1. Hipertensión. La hipertensión, es una afectación del sistema cardiovascular que está relacionada con la presión arterial del cuerpo humano; la presión arterial, según el diccionario de medicina MedlinePlus (2022) , es una medida de la fuerza o tensión proporcionada contra las paredes arteriales durante el proceso de bombeo sanguíneo realizado por el corazón, esta presión debe mantenerse en adultos en un rango de 120/80 mm hg, presentándose la denominada hipertensión (presión arterial alta) cuando los rangos de esta medida están por encima de 130/80 mm Hg gran parte de las veces.

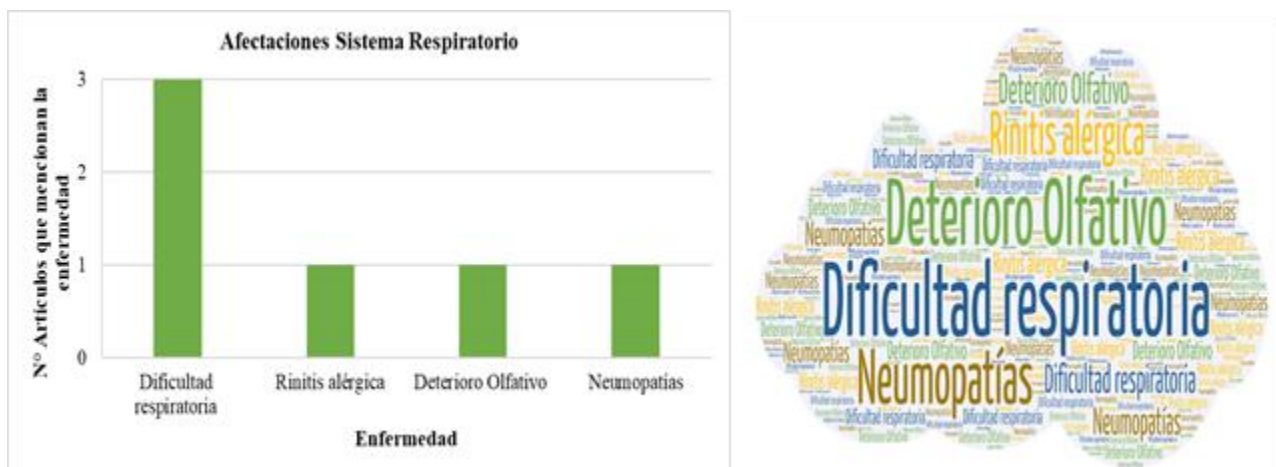
Muchos factores pueden influir en la generación de esta afectación en el cuerpo humano, destacando entre ellos, la cantidad de agua y sal dentro del organismo, el estado de los riñones y vasos sanguíneos, e incluso la exposición a agentes externos que pueden generar alteraciones sistémicas como es el caso de la exposición ocupacional a agroquímicos como el glifosato, que en estudios e investigaciones recientes desarrollados a comunidades agrícolas en el Valle de Mayo en México, demuestran una relación directa entre el uso del glifosato y el potencial desarrollo de esta afectación en los trabajadores agrícolas que manipulan el agroquímico durante el desarrollo de sus labores (Leyva-Soto et al., 2018) (Balderrama-Carmona et al., 2020)

6.2.1.7 Afectaciones en el sistema Respiratorio. El sistema respiratorio hace parte del grupo de los sistemas fundamentales de los seres vivos por medio del cual es posible la obtención de oxígeno, gas esencial para la mayor parte de la vida terrestre; este sistema, además de distribuir el aire y realizar el intercambio gaseoso que requiere el cuerpo humano, posibilita el sentido del olfato y tienen una importante contribución en la regulación del ph (Cabrera & Rodríguez, 2011).

El aparato respiratorio está compuesto por dos áreas principales, el aparato respiratorio superior integrado por la nariz, la faringe y la laringe y el sistema respiratorio inferior, compuesto por la tráquea, el árbol bronquial y los pulmones. El aparato respiratorio al igual que los demás sistemas funcionales del cuerpo, puede verse comprometido por múltiples afectaciones que pueden surgir por factores asociados a la genética, injerencia o fallas en otros sistemas e incluso por factores externos relacionados con el ambiente en el que cotidianamente se desenvuelvan los individuos y que pueden ser potenciales generadores de enfermedades capaces de ocasionar graves dificultades respiratorias para quienes las padecen.

Figura 27.

Diagrama de barras y lluvia de palabras de las afectaciones al Sistema Respiratorio.



6.2.1.8 Dificultades Respiratorias. Las dificultades respiratorias, conocidas también como disneas, según se menciona en un artículo publicado por la Clínica Mayo (2022), son afectaciones relacionadas comúnmente con síntomas como: “opresión intensa en el pecho, falta de aire, dificultad para respirar, falta de aliento o una sensación de ahogo”.

Este tipo de dificultades puede ser el resultado de factores ambientales como las temperaturas extremas, estado físico del paciente o como resultado de algún problema o padecimiento médico generalmente relacionado con el sistema respiratorio; es así que siguiendo la línea de este proyecto es posible asociar el desarrollo de este tipo de afectaciones con la exposición ocupacional a químicos agrícolas como el glifosato, asociación como la realizada por un estudio en comunidades de EEUU, que relaciona dicha exposición ocupacional con la obstrucción de las vías respiratorias (Amoatey et al., 2020; Kongtip et al., 2021) y ser un potencial generador de enfermedades como la rinitis alérgica, demostrado en un estudio recientemente practicado en comunidades agrícolas de Colombia, que están expuestas ocupacionalmente al herbicida (Díaz-Criollo et al., 2020).

7 Difusión de los resultados de la investigación

Uno de los objetivos de esta investigación es elaborar un artículo publicable, el cual comunique los resultados de la investigación, de una manera clara, concisa y fidedigna, es por esto que en la Tabla 15 se puede observar la estructura del artículo científico titulado: “*ESTADO DEL ARTE DE LOS EFECTOS ADVERSOS SOBRE LA SALUD DE LOS AGRICULTORES POR EXPOSICIÓN OCUPACIONAL AL GLIFOSATO PARA LA ERRADICACIÓN DE ARVENCES EN CULTIVOS ALIMENTARIOS.*”, se trabajará conjuntamente para poder publicar dicho artículo en una revista científica, también el artículo se podrá apreciar en el Apéndice D.

Tabla 15.

Estructura Artículo Científico

Estructura	Concepto
Título	Indica el contenido del estudio, es decir, da indicios de la temática abordada en el artículo.
Autores	Corresponde a los apellidos, primer nombre e inicial del segundo nombre de las autoras y del director del proyecto de investigación.
Resumen (Abstract)	Informa de manera breve el contenido del artículo científico.
Palabras Claves (Keywords)	Palabras relacionadas con la investigación.
Introducción	Expone brevemente la contribución de otros autores al tema objeto de investigación, para así justificar las razones por las que se realiza el estado del arte.
Metodología	Proceso detallado para llevar acabo la revisión de la literatura.
Resultados	Focaliza hacia los hallazgos de la metodología, respondiendo a la pregunta de investigación
Discusión y Conclusiones	Recomienda temáticas para futuras investigaciones relativas al tema, además queda explícita la respuesta a la pregunta de investigación.
Referencias Bibliográficas	Artículos precedentes a la actual investigación, estos artículos brindaron ideas, conceptos, métodos, entre otros, que perdieron la realización de la investigación.

8 Conclusiones

Con la inmersión teórica realizada se encontró un amplio interés de la comunidad científica respecto a los efectos adversos por exposición al glifosato, un herbicida de amplia utilización, que tan solo en Colombia durante los años 2019 y 2021 reportó ventas anuales de 35 millones de kilolitros. De acuerdo con la revisión de literatura, el glifosato pese a ser un herbicida que ha contribuido al cuidado de cultivos, aumentando la productividad agrícola, también ha sido asociado a la generación de graves afectaciones como el cáncer según entidades como la Organización Mundial de la Salud y la Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer.

Por medio de la revisión bibliográfica se reafirma el interés sobre la temática en cuestión dado el significativo aporte de los artículos seleccionados para la resolución de la pregunta de investigación, resaltando el número creciente de publicaciones que del año 2015 al 2021 pasó de 4 publicaciones anuales a 10; adicionalmente se infiere una relación entre los países que más adquieren el pesticida glifosato para fines agrícolas y el número de investigaciones publicadas, siendo el caso específico de Estados Unidos y Brasil, destacando especialmente este último por ser el país de Latinoamérica que más gasta dinero en este producto.

Categorizando y Clasificando las afectaciones y/o enfermedades producto del análisis bibliográfico, se concluyó que la exposición ocupacional a glifosato afecta los sistemas orgánicos del cuerpo humano, como lo son: el sistema urinario, sistema nervioso, sistema endocrino, sistema inmunitario, sistema cardiovascular y sistema respiratorio, arrojando en total más de 100 enfermedades asociadas con la exposición ocupacional a dicho producto.

De las afectaciones a la salud identificadas producto de la investigación, las más reiterativas y citadas en los artículos encontrados son las del sistema urinario siendo estas específicamente: la enfermedad renal crónica de origen desconocido, la insuficiencia renal y los efectos nefrotóxicos.

La investigación señala que el glifosato ha demostrado presentar afectación del sistema nervioso central; las patologías asociadas a este sistema que tienen mayor incidencia en la población ocupacionalmente expuesta son el Trastorno del espectro autista, Parkinson, alzhéimer y trastorno del sueño.

La literatura científica y los estudios epidemiológicos realizados señalan la afectación en mujeres en estado de embarazo e incluso neonatos, por lo cual es imperante el control y protección de exposición a glifosato en trabajadoras bajo dicha condición.

La presente investigación evidencia que hay un daño en la salud de los agricultores expuestos ocupacionalmente al glifosato, por consiguiente, se debe seguir investigando sobre esta temática y haciendo públicos sus resultados, buscando así contribuir a la prevención de afectaciones, controlando aquellos riesgos a la salud que ocasionan enfermedades, en pro al bienestar de las comunidades agrícolas.

9 Recomendaciones

La investigación expuesta en este libro, responde a la inquietud de conocer los efectos sobre la salud de los agricultores que están expuestos ocupacionalmente al glifosato, herbicida implementado para la erradicación de arvenses en cultivos alimenticios. En la medida que se avanzaba hacia la respuesta a la anterior inquietud, surgieron una serie de temáticas y/o recomendaciones que podrían ser de interés para futuras investigaciones, las cuales consisten en:

Ampliar el objetivo de la investigación, haciendo énfasis no solo en los efectos del glifosato, sino el efecto de la mezcla del ingrediente activo glifosato y otros pesticidas ampliamente implementados como el Paraquat y 2,4-D, ya que los agricultores mezclan fortuitamente pesticidas para potencializar sus efectos.

Realizar un trabajo de campo, apoyado con profesionales de la salud, que permita realizar un seguimiento médico a la población objetivo, desde las valoraciones iniciales del estado de salud de los agricultores, hasta las valoraciones después de la mezcla, cargue o aplicación del herbicida, con lo anterior se permitiría comparar el estado de salud inicial y final del agricultor, revelando los efectos nocivos o inofensivos de los plaguicidas.

Velar desde el ministerio de trabajo, las administradoras de riesgos laborales y el ministerio de agricultura y desarrollo rural, por la implementación de estrategias de seguridad y salud en el trabajo dirigidas a la población agrícola, puesto que dicha comunidad posee un conocimiento casi nulo de esta temática.

Promover desde los entes gubernamentales el empleo de controles de riesgos para los trabajadores agrícolas, en especial población vulnerable como niños o mujeres embarazadas, ya que en el presente estudio se reveló que los niños nacidos de madres expuestas a glifosato

durante el embarazo, padecían trastornos del espectro autista u otras enfermedades de afectación al sistema nervioso.

Someter a estudio para publicación en revista indexada, el artículo resultante del presente trabajo de investigación de manera que se constituya en un importante aporte a la comunidad académica y científica por parte de la Universidad Industrial de Santander.

10 Referencias bibliográficas

- Abdul, K., Silva, P. M., Ekanayake, E., Thakshila, W., Gunarathna, S., Gunasekara, T., Jayasinghe, S. S., Asanthi, H. B., Chandana, E. P. S., Chaminda, G. G. T., Siribaddana, S. H., & Jayasundara, N. (2021). Occupational paraquat and glyphosate exposure may decline renal functions among rural farming communities in Sri Lanka. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063278>
- ALCER Giralda. (2021). *¿Qué es la ERC?* <http://www.alcergiralda.org/renal/que-es-la-erc/>
- Altner, D. S., Rojas, A. C., & Servi, L. D. (2018). Trastorno del espectro autista. *Journal of Scheduling*, 21(5), 517–531. <https://doi.org/10.1007/s10951-017-0554-9>
- American Cancer Society. (1 de Agosto de 2018). *ACERCA DEL LINFOMA NO HODGKIN*. Obtenido de <https://www.cancer.org/es/cancer/linfoma-no-hodgkin/acerca/que-es-linfoma-no-hodgkin.html>
- American Cancer Society. (20 de Noviembre de 2020). *¿Qué es el cáncer?* Obtenido de <https://www.cancer.org/es/tratamiento/como-comprender-su-diagnostico/que-es-el-cancer.html>
- American Kidney Fund. (2021). *Prueba de creatinina serica*. <https://www.kidneyfund.org/en-espanol/enfermedad-de-los-rinones/prevencion/pruebas-para-detectar-enfermedad-renal/prueba-de-creatinina-serica.html>

- Amoatey, P., Al-Mayahi, A., Omidvarborna, H., Baawain, M. S., & Sulaiman, H. (2020). Occupational exposure to pesticides and associated health effects among greenhouse farm workers. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Andreotti, G., Koutros, S., Hofmann, J., Sandler, D., Lubin, J., Lynch, C., . . . Beane, L. (2017). Glyphosate Use and Cancer Incidence in the Agricultural Health Study. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 509-516.
- ANLA. (2000). *Plan de Manejo Ambiental Erradicación de Cultivos Ilícitos. Glifosato*. 1–51.
- Antoniolli, ÂR., Sena, TRR., Dourado, SSF. Audição em altas frequências em trabalhadores rurais expostos a agrotóxicos [High frequency hearing among rural workers exposed to pesticides]. *Cien Saude Colet*. 2019 Sep 26;24(10):3923-3932. Portuguese. doi: 10.1590/1413-812320182410.18172017.
- Ashby, JL., Parvez, S., Gerona, RR., Proctor, C., Friesen, M., Reiter, JL., Lui, Z., Winchester, PD. Glyphosate exposure in pregnancy and shortened gestational length: a prospective Indiana birth cohort study. *Environ Health*. 2018 Mar 9;17(1):23. doi: 10.1186/s12940-018-0367-0.
- Aranda, G., Valenzuela, A., García, D. ;, & Almeida, J. (2015). EFECTOS DEL GLIFOSATO SOBRE LA SALUD HUMANA. *Universidad Libre de Colombia*, 11, 87–96.
- Arbuckle, T. E., Lin, Z., & Mery, L. S. (2001). An exploratory analysis of the effect of pesticide exposure on the risk of spontaneous abortion in an Ontario farm population. *Environ Health Perspect*, 851-857. doi:10.1289/ehp.01109851

Arranz, L. I. (Abril de 2022). *Bioeco actual*. Obtenido de <https://www.bioecoactual.com/2022/04/24/pesticidas-y-estres-oxidativo/#:~:text=Pero%2C%20%2BFqu%C3%A9%20es%20el%20estr%C3%A9s,c%C3%A9lulas%20con%20sus%20defensas%20antioxidantes.>

Balderrama-Carmona, A. P., Valenzuela-Rincón, M., Zamora-Álvarez, L. A., Adan-Bante, N. P., Leyva-Soto, L. A., Silva-Beltrán, N. P., & Morán-Palacio, E. F. (2020). Herbicide biomonitoring in agricultural workers in Valle del Mayo, Sonora Mexico. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(23), 28480–28489. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07087-6>

Banco, Y., & Leyva, Á. (2007). Las Arvenses En El Agroecosistema Y Sus Beneficios Naturales. *Cultivos Tropicales*, 28, 21–28.

Barbasz, A., Kreczmer, B., Skórka, M., & Czyżowska, A. (2020). Toxicity of pesticides toward human immune cells U-937 and HL-60. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 55(8), 719–725. <https://doi.org/10.1080/03601234.2020.1777059>

Barbosa, WM., Conti, CL., Simão, JBP., Álvares-da-Silva, AM. Pesticide exposure, tobacco use, poor self-perceived health and presence of chronic disease are determinants of depressive symptoms among coffee growers from Southeast Brazil. *Psychiatry Res.* 2018 Feb;260:187-192. doi: 10.1016/j.psychres.2017.11.063.

Bupa. (2020). *Sistema cardiovascular*. Obtenido de <https://www.bupasalud.com.co/salud/sistema-cardiovascular>

Calderon, I., Vera, F., & Hernandez, L. (2019). Efectos de la salud en poblaciones expuestas a Glifosato: Una revision. *Hilos Tensados*, 1, 1–476.

Cattelan, M. D., Maurer, P., Garcia, F., Berro, L. F., Machado, M. M., Manfredini, V., & Piccoli, J. d. (2018). Occupational exposure to pesticides in family agriculture and the oxidative, biochemical and hematological profile in this agricultural model. *Life Sciences*.

Cárdenas, J., Doll, J., ICA, & CIAT. (1975). *Clasificación de Herbicidas*. 3.

CCOO Aragón - Departamento de Medio Ambiente. (2020). *ALTERNATIVAS AL USO DEL GLIFOSATO Y OTROS HERBICIDAS TÓXICOS*. *Redes viales : carreteras , vias férreas , caminos . Para la aplicación del RD 1311 / 2012 por el que se crea un marco*. 58.

Chavarría, J. E. (2019). *Senado de la República*. Obtenido de <http://www.senado.gov.co/index.php/prensa/lista-de-noticias/546-de-todas-las-vias-terciarias-con-las-que-cuenta-colombia-el-94-esta-en-mal-estado>

Clinica Mayo . (2022). *Diabetes*. Obtenido de <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/diabetes/symptoms-causes/syc-20371444>

Clinica Mayo. (2022). *Dificultad para respirar*. Obtenido de <https://www.mayoclinic.org/es-es/symptoms/shortness-of-breath/basics/definition/sym-20050890?reDate=12082022>

Clínica Universidad de los Andes. (2020). *Qué es el sistema inmunológico y cómo nos protege*

del Covid-19. <https://www.clinicauandes.cl/noticia/que-es-el-sistema-inmunologico-y-como-nos-protege-del-covid-19>

Clinica Universidad de Navarra. (2021). *Trastornos del sueño.* <https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/enfermedades/trastornos-sueno>

ConsultorSalud. (13 de Agosto de 2014). *Nueva Tabla De Enfermedades Laborales Decreto 1477 de 2014.* Obtenido de <https://consultorsalud.com/nueva-tabla-de-enfermedades-laborales-decreto-1477-de-2014/>

Cooper, J., & Dobson, H. (2007). The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Cop Protection*, 26, 1337-1348.

Cortina, C. C., María, L., Fonnegra, F., Pineda, K. M., Muñoz, M. P., Fonnegra, J. R., Pablo, J., & Díaz, Z. (2017). Efectos de la intoxicación por glifosato en la población agrícola: revisión de tema. *Revista CES Salud Pública*, 8(1), 121–133. <https://doi.org/10.21615/4427>

DANE. (2014). *Censo Nacional Agropecuario.* Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuario/CNATomo2-Resultados.pdf>

DANE. (2021). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística.* Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_Itrim21_produccion_y_gasto.pdf

DANE. (2021). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística.* Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/exportaciones/bol_exp_abr21.pdf

- Díaz-Criollo, S., Palma, M., Monroy-García, A. A., Idrovo, A. J., Combariza, D., & Varona-Uribe, M. E. (2020). Chronic pesticide mixture exposure including paraquat and respiratory outcomes among Colombian farmers. *Industrial Health*.
- Diego, Y. A. (2014). Respiratory apparatus and pathologies associated with respiratory function: asthma. Cabtabria.
- Eaton, J. L., Cathey, A. L., Fernandez, J. A., Watkins, D. J., Silver, M. K., Milne, G. L., . . . Meeker, J. D. (2022). The association between urinary glyphosate and aminomethyl phosphonic acid with biomarkers of oxidative stress among pregnant women in the PROTECT birth cohort study. *Ecotoxicol Environ Saf*.
- Eriguchi, M., Iida, K., Ikeda, S., Osoegawa, M., Nishioka, K., Hattori, N., Nagayama, H., Hara, H. Parkinsonism Relating to Intoxication with Glyphosate. *Intern Med*. 2019 Jul 1;58(13):1935-1938. doi: 10.2169/internalmedicine.2028-18.
- Fernández, M. (2009). *Sistema Urinario Sistema Urinario*. 1–6.
- Fortes, C., Mastroeni, S., Segatto, M M., Hohmann, C., Miligi, L., Bakos, L., Bonamigo, R. Occupational Exposure to Pesticides With Occupational Sun Exposure Increases the Risk for Cutaneous Melanoma. *J Occup Environ Med*. 2016 Apr;58(4):370-5. doi: 10.1097/JOM.0000000000000665.
- Fuhrmann, S., Farnham, A., Staudacher, P., Atuhaire, A., Manfioletti, T., Niwagaba, C. B., Namirembe, S., Mugweri, J., Winkler, M. S., Portengen, L., Kromhout, H., & Mora, A. M. (2021). Exposure to multiple pesticides and neurobehavioral outcomes among smallholder

- farmers in Uganda. *Environment International*, 152(October 2020), 106477. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106477>
- Fuhrmann, S., van den Brenk, I., Atuhaire, A., Mubezi, R., Staudacher, P., Huss, A., & Kromhout, H. (2022). Recent pesticide exposure affects sleep: A cross-sectional study among smallholder farmers in Uganda. *Environment International*, 158(September 2021), 106878. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106878>
- Fundación Carlos Slim. (2019). *Inmunotoxicidad, ¿qué es y cuáles son sus efectos?* <https://www.clikisalud.net/inmunotoxicidad-que-es-y-cuales-son-sus-efectos/>
- Fundación Puigvert. (2020). *Enfermedad Renal Crónica (ERC)*. <https://www.fundacio-puigvert.es/es/node/827>
- Gillezeau, C., Lieberman-Cribbin, W., & Taioli, E. (2020). Update on human exposure to glyphosate, with a complete review of exposure in children. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00673-z>
- Gordon, C., & Marrugo, J. (2018). Prácticas Agrícolas Y Riesgos a La Salud Agrícola Practices and Risks To Health From the Use of Pesticides in Agricultural. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 21–40.
- Green Pace. (2021). *Glifosato*. Green Pace. <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/agricultura/glifosato/>
- Gunatilake, S., Seneff, S., & Orlando, L. (2019). Glyphosate's synergistic toxicity in combination with other factors as a cause of chronic kidney disease of unknown origin.

International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(15).
<https://doi.org/10.3390/ijerph16152734>

Gunnell, D., Eddleston, M., Phillips, M., & Konradsen, F. (2007). *The global distribution of fatal pesticide self-poisoning: systematic review*. *Salud Pública de BMC*. doi:10.1186 / 1471-2458-7-357

Hemstreet, G. P. (2012). Sistemas renal y urinario. *Enciclopedia De Salud Y Seguridad En El Trabajo*, 2–4.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). México: McGraw Hill Education.

Hutter, HP., Poteser, M., Lemmerer, K., Wallner, P., Kundi, M., Moshhammer, H., & Weitensfelder, L. (2021). Health Symptoms Related to Pesticide Use in Farmers and Laborers of Ecological and Conventional Banana Plantations in Ecuador. *Int J Environ Res Public Health*.

Hutter, HP., Moshhammer, H., Khan, AW., Wallner, P., Poteser, M., Kundi, M. Validity of reported indicators of pesticide exposure and relevance for cytotoxic and genotoxic effects on buccal cells. *Mutagenesis*. 2019 May 29;34(2):147-152. doi: 10.1093/mutage/gey043.

ICA. (2015). *Instituto Colombiano Agropecuario - Requisitos Fitosanitarios*. 4.
<http://www.ica.gov.co/CEF/Requisitos-Fitosanitarios.aspx>

INEEC. (2010). *Glifosato. 1*, 1–7. <http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/pdf/>

Intranuovo, G., Schiavulli, N., Cavone, D., Birtolo, F., Cocco, P., Vimercati, L., Macinagrossa, L., Giordano, A., Perrone, T., Ingravallo, G., Mazza, P., Strusi, M., Spinosa, C., Specchia, G., Ferri, GM. Assessment of DNA damages in lymphocytes of agricultural workers exposed to pesticides by comet assay in a cross-sectional study. *Biomarkers*. 2018 Jul;23(5):462-473. doi: 10.1080/1354750X.2018.1443513.

Intayoung, U., Wunnapuk, K., Kohsuwan, K., Sapbamrer, R., & Khacha-ananda, S. (2021). Effect of Occupational Exposure to Herbicides on Oxidative Stress in Sprayers. *Safety and Health at Work*, 127-132.

Instituto Nacional Vive Sano. (2020). *Disruptores Endocrinos*.
<https://vivesanobrasil.org/en/disruptores-endocrinos/>

ISEE-LAC, & OPS/OMS. (2021). *Exposición ocupacional a plaguicidas y sus efectos en la salud de trabajadores agrícolas: estudios epidemiológicos en Chile y Brasil*. 1.
<https://www.paho.org/es/eventos/exposicion-ocupacional-plaguicidas-sus-efectos-salud-trabajadores-agricolas-estudios>

Jayasumana, C., Fonseka, S., Fernando, A., Jayalath, K., Amarasinghe, M., Siribaddana, S., Gunatilake, S., & Paranagama, P. (2015). Phosphate fertilizer is a main source of arsenic in areas affected with chronic kidney disease of unknown etiology in Sri Lanka. *SpringerPlus*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-0868-z>

Jayasumana, C., Paranagama, P., Agampodi, S., Wijewardane, C., & Gunatilake, S. (2015). *Drinking well water and occupational exposure to Herbicides is associated with chronic kidney disease, in Padavi-Sripura, Sri Lanka*. 1–10.

- Jayasumana, C., Gunatilake, S. & Siribaddana, S. Simultaneous exposure to multiple heavy metals and glyphosate may contribute to Sri Lankan agricultural nephropathy. *BMC Nephrol* 16, 103 (2015). <https://doi.org/10.1186/s12882-015-0109-2>
- Kitchenham, B. (2004). Service function chaining across openstack and kubernetes domains. *Procedures for Performing Systematic Reviews Barbara Kitchenham*, 33. <https://doi.org/10.1145/3328905.3332505>
- Kongtip, P., Nankongnab, N., Phupancaroensuk, R., Palarach, C., Sujirarat, D., Sangprasert, S., . . . Woskie, S. (2017). Glyphosate and Paraquat in Maternal and Fetal Serums in Thai Women. *Journal of Agromedicine*, 282-289. doi:10.1080/1059924X.2017.1319315
- Kongtip, P., Nankongnab, N., Kallayanatham, N., Pundee, R., Choochouy, N., Yimsabai, J., & Woskie, S. (2019). Thyroid hormones in conventional and organic farmers in Thailand. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(15), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijerph16152704>
- Kongtip, P., Nankongnab, N., Pundee, R., Kallayanatham, N., Pengpumkiat, S., Chungcharoen, J., Phommalachai, C., Konthonbut, P., Choochouy, N., Sowanthip, P., Khangkhun, P., Yimsabai, J., & Woskie, S. (2021). Acute changes in thyroid hormone levels among Thai pesticide sprayers. *Toxics*, 9(1), 1–16. <https://doi.org/10.3390/toxics9010016>
- La Rioja. (2022). *Enfermedades cardiovasculares*. Obtenido de <https://www.riojasalud.es/servicios/cardiologia/articulos/enfermedades-cardiovasculares>
- Leon, M. E., Schinasi, L. H., Lebailly, P., Freeman, L. E., Nordby, K.-C., Ferro, G., . . . Kriste,

- P. (2019). Pesticide use and risk of non-Hodgkin lymphoid malignancies in agricultural cohorts from France, Norway and the USA: a pooled analysis from the AGRICOH consortium. *International Journal of Epidemiology*.
- LEYVA-SOTO, L. A., A. P, B.-C., MORAN-PALACIO, E. F., TENORIO, L. D., & MGORTARES-MOROYOQUI, P. (2018). GLYPHOSATE AND AMINOMETHYLPHOSPHONIC ACID IN. *Applied Ecology and Environmental Research*.
- Leyva-Soto, L., Balderrama-Carmona, A., Moran-Palacio, E., Diaz-Tenorio, L., & Gortares-Moroyoqui, P. (2018). GLYPHOSATE AND AMINOMETHYLPHOSPHONIC ACID IN POPULATION OF AGRICULTURAL FIELDS: HEALTH RISK ASSESSMENT OVERVIEW. *Applied Ecology and Environmental Research*.
- Llanos, A. (2020). RIESGO DE CÁNCER EN AGRICULTORES EXPUESTOS A GLIFOSATO. In *Orphanet Journal of Rare Diseases* (Vol. 21, Issue 1).
- MADR. (2020). *Boletín de precios de insumos agrícolas No.2*.
- Marín, D. S., Carmona, H., Ibarra, M., & Gámez, M. (2018). Enfermedad de Parkinson: fisiopatología, diagnóstico y tratamiento. *Revista de La Universidad Industrial de Santander. Salud*, 50(1), 79–92. <https://doi.org/10.18273/revsal.v50n1-2018008>
- MD, S. N. (Agosto de 2022). Obtenido de <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/sistemas-del-cuerpo-humano>
- MedlinePlus. (2017). *Neurosciences*. <https://medlineplus.gov/ency/article/007456.htm>

MedlinePlus. (2020a). *Enfermedades de la Tiroides*.
<https://medlineplus.gov/spanish/thyroiddiseases.html>

MedlinePlus. (2020b). *Enfermedades endocrinas*. <https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/enfermedades-endocrinas>

MedlinePlus. (2020c). *Trastornos del sueño*.
<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000800.htm>

MedlinePlus. (2021). *Hormonas*. <https://medlineplus.gov/spanish/hormones.html>

MedlinePlus. (23 de 2 de 2022). *Hipertensión arterial - adultos*. Obtenido de
<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000468.htm>

MedlinePlus. (23 de 2 de 2022). *Qué es la enfermedad cardiovascular*.

Meloni, F., Satta, G., Padoan, M., Montagna, A., Pilia, I., Argiolas, A., . . . Cocco, P. (2021). Occupational exposure to glyphosate and risk of lymphoma: results of an Italian multicenter case-control study. *Environmental Health volume*. doi:<https://doi.org/10.1186/s12940-021-00729-8>

Minagricultura. (15 de 05 de 2020). *Ministerio de Agricultura de Colombia* . Obtenido de
<https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/El-sector-agropecuario-creci%C3%B3-6,8-e-impuls%C3%B3-la-econom%C3%ADa-colombiana-en-el-primer-trimestre-de-2020-.aspx#:~:text=15%2F05%2F2020-,El%20sector%20agropecuario%20creci%C3%B3%206%2C8%25%20e%20imp>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). *Boletín De Precios De Insumos Agropecuarios*. 2, 1–26. [https://sioc.minagricultura.gov.co/Boletines/BOLETÍN DE PRECIOS DE INSUMOS AGROPECUARIOS No.2.pdf](https://sioc.minagricultura.gov.co/Boletines/BOLETÍN_DE_PRECIOS_DE_INSUMOS_AGROPECUARIOS_No.2.pdf)

Ministerio de Trabajo. (2012). *Enfermedad laboral*. Obtenido de minsalud.gov.co/proteccionsocial/RiesgosLaborales/Paginas/enfermedad-laboral.aspx#:~:text=Es%20enfermedad%20laboral%20la%20contraída,ha%20visto%20obligado%20a%20trabajar.

Ministerio de Trabajo. (2014). Decreto 1477 de 2014. *Ministerio de Trabajo- República de Colombia*, 1–109. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/documentos/tabla1-decreto1477.pdf>

Ministerio Trabajo . (2019 de Mayo de 2020). *Decreto 676 de 2020*.

Molina Guzmán, L. P., & Ríos Osorio, L. A. (2019). Occupational health and safety in agriculture. A systematic review. *Revista de la Facultad de Medicina*, 68(4), 625-38. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v68n4.76519>

Mueangkhiao, P., Siviroj, P., Sapbamrer, R., Khacha-ananda, S., Lungkaphin, A., Seesen, M., Jaikwang, P., & Wunnapuk, K. (2020). Biological variation in kidney injury and kidney function biomarkers among farmers in Lamphun province, Thailand. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(11), 12386–12394. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07661-3>

Muñoz, F. R. (2021). *El herbicida glifosato y sus alternativas*. www.ipen.org

Muñoz, L. (2017). *Manejo De Herbicidas Sintéticos Y Extractos Vegetales Para Controlar Malezas En Cultivos Básicos: Maíz, Frijol Y Sorgo* (Issue 1500). Universidad Autónoma de Nuevo León.

Navarra, C. U. de. (2020). *Insuficiencia Renal Crónica*. <https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/enfermedades/insuficiencia-renal-cronica>

Nicolopoulou-Stamati , P., Maipas, S., Kotampasi, C., Stamatis, P., & Hens, L. (2016). *Chemical Pesticides and Human Health: The Urgent Need for a New Concept in Agriculture*. Journal, *Frontiers in Public Health*. doi:10.3389/fpubh.2016.00148

NIDDK. (Noviembre de 2016). *U.S Department of Health and Human Services*. Obtenido de <https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/diabetes/informacion-general/que-es>

NIH. (2018). *¿Qué es la insuficiencia renal?* <https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/enfermedades-rinones/insuficiencia-renal/que-es>

NIH. (2020). *Definition of renal failure*. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/insuficiencia-renal>

NIH (Instituto Nacional de Cancer). (2021). *Nefrotóxico*. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/nefrotoxico>

- NIH. (Mayo de 2021). *Instituto Nacional del Cáncer*. Obtenido de <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/naturaleza/que-es>
- NIOSH. (2017). *Agricultura*. Obtenido de Instituto Nacional para la seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH): <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/topics/agriculture.html#:~:text=Los%20agricultores%20est%C3%A1n%20en%20alto,la%20exposici%C3%B3n%20prolongada%20al%20sol>.
- Nivia, E. (1998). *Efectos sobre la salud y el ambiente de herbicidas que contienen glifosato*. <http://www.glifocidio.org/docs/impactos generales/ig1.pdf>
- OIT. (2000). *Seguridad y Salud en la Agricultura*. 7. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_117460.pdf
- OIT. (2011). *Seguridad y Salud en la Agricultura*.
- OIT. (2014). *Seguridad y salud en la agricultura*. Ginebra. Obtenido de <https://bit.ly/3m3Ew3S>.
- OIT. (2016). *Salud y seguridad en el trabajo en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://www.ilo.org/americas/temas/salud-y-seguridad-en-trabajo/lang--es/index.htm>
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2019). *Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo*. Organización Internacional de Trabajo . Obtenido de <https://consultorsalud.com/wp-content/uploads/2019/04/informe-sobre-Seguridad-y-Salud-en-el-Trabajo.pdf>

OIT. (2020). *Condiciones de trabajo y de salud de las personas que realizan actividades temporales o estacionales en cultivos de café.*

OPS . (2022). *Día Mundial de la Hipertensión 2022.* Obtenido de [https://www.paho.org/es/campanas/dia-mundial-hipertension-2022#:~:text=La%20enfermedad%20cardiovascular%20\(ECV\)%20es,de1%2050%25%20de%20las%20ECV](https://www.paho.org/es/campanas/dia-mundial-hipertension-2022#:~:text=La%20enfermedad%20cardiovascular%20(ECV)%20es,de1%2050%25%20de%20las%20ECV)

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2019). *Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo.* Organización Inrternacional de Trabajo . Obtenido de <https://consultorsalud.com/wp-content/uploads/2019/04/informe-sobre-Seguridad-y-Salud-en-el-Trabajo.pdf>

Otero, A. (2019). El mercado laboral rural en Colombia, 2010-2019. *Africa's Potential for the Ecological Intensification of Agriculture*, 33.

Pahwa, M., Freeman, L. E., Spinel, J. J., Blair, A., McLaughlin, J. R., Zahm, S. H., . . . Harris, S. A. (2019). Glyphosate use and associations with non-Hodgkin lymphoma major histological sub-types: findings from the North American Pooled Project. *Scand J Work Environ Health*.

Patel, O., Symlal, G., Henneberger, P. K., Alarcon, W. A., & Mazurek, J. M. (2018). Pesticide use, allergic rhinitis, and asthma among US farm operators. *J Agromedicine*, 327–335. doi:10.1080/1059924X.2018.1501451

PND. (2018-2022). *DNP.* Obtenido de Departamento Nacional de Planeación : <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Resumen-PND2018-2022-final.pdf>

- Pedemonte, F. (2017). Problemática del uso de glifosato. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 63. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3011>
- Perry, M. J., Mandrioli, D., Belpoggi, F., Manservigi, F., Panzacchi, S., & Irwin, C. (2019). Historical evidence of glyphosate exposure from a US agricultural cohort. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 18(1), 1–4. <https://doi.org/10.1186/s12940-019-0474-6>
- Prudente, I. R. G., Souza, B. R. S., Nascimento, L. de C., Gonçalves, V. S. dos S., Silva, D. S. da, Rabelo, T. K., Alves, O., Santos, A. C., de Rezende Neto, J. M., Tavares, D. D. S., Santos, M. B., Barreto, A. S., Pereira, F. A., Kaiser, C. C., & Guimarães, A. G. (2021). Nephrotoxic Effects Caused by Occupational Exposure to Agrochemicals in a Region of Northeastern Brazil: A Cross-Sectional Study. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40(4), 1132–1138. <https://doi.org/10.1002/etc.4962>
- RAE. (2014). *Agropecuário*. Edición 23. <https://dle.rae.es/agropecuario>
- Reiriz Palacios, J. (2009). Endocrinología: generalidades del sistema. *Universidad de Barcelona*, 1–46.
- Rendon-Von Osten, J., & Dzul-Caamal, R. (2017). Glyphosate Residues in Groundwater, Drinking Water and Urine of Subsistence Farmers from Intensive Agriculture Localities: A Survey in Hopelchén, Campeche, Mexico. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. [doi:https://doi.org/10.3390/ijerph14060595](https://doi.org/10.3390/ijerph14060595)
- Rydz, E., Larsen, K., & Peters, C. E. (2021). Estimating Exposure to Three Commonly Used,

- Potentially Carcinogenic Pesticides (Chlorolathonil, 2,4-D, and Glyphosate) Among Agricultural Workers in Canada. *Annals of Work Exposures and Health*, 65, 377-389.
- Rural, D. (2020). *Boletín de precios de insumos agropecuarios*. 2, 1–26.
- Salamanca-gómez, F. (2004). *Los genes y la enfermedad de Parkinson*. 140, 475–476.
- Santos, R., Piccoli, C., Cremonese, C., & Freire, C. (2019). Thyroid and reproductive hormones in relation to pesticide use in an agricultural population in Southern Brazil. *Environmental Research*, 173(January), 221–231. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.03.050>
- Schaeffer, J. W., Adgate, J. L., Reynolds, S. J., Butler-Dawson, J., Krisher, L., Dally, M., Johnson, R. J., James, K. A., Jaramillo, D., & Newman, L. S. (2020). A pilot study to assess inhalation exposures among sugarcane workers in Guatemala: Implications for chronic kidney disease of unknown origin. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165708>
- Seneff, S., Swanson, N., & Li, C. (2015). Aluminum and Glyphosate Can Synergistically Induce Pineal Gland Pathology: Connection to Gut Dysbiosis and Neurological Disease. *Agricultural Sciences*, 06(01), 42–70. <https://doi.org/10.4236/as.2015.61005>
- Seneff, S. & Orlando, L. (2018). Is Glyphosate a Key Factor in Mesoamerican Nephropathy?. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*. 8. 10.4172/2161-0525.1000542.
- Serrano, M. (1995). Nefrototoxicidad. Agentes y Sustancias Nefrotóxicas. *Nefrototoxicidad En Pigmentos*, 2 edición, 27–38.

- Shrestha, S., Parks, C. G., Goldner, W. S., Kamel, F., Umbach, D. M., Ward, M. H., Lerro, C. C., Koutros, S., Hofmann, J. N., Beane Freeman, L. E., & Sandler, D. P. (2018). Pesticide use and incident hypothyroidism in pesticide applicators in the agricultural health study. *Environmental Health Perspectives*, *126*(9), 1–11. <https://doi.org/10.1289/EHP3194>
- Shrestha, S., Parks, C. G., Umbach, D. M., Richards-Barber, M., Hofmann, J. N., Chen, H., Blair, A., Beane Freeman, L. E., & Sandler, D. P. (2020). Pesticide use and incident Parkinson's disease in a cohort of farmers and their spouses. *Environmental Research*, *191*(August), 110186. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110186>
- Slager, R. E., Poole, J. A., LeVan, T. D., Sandler, D. P., Alavanja, M. C., & Hoppin, J. A. (2009). Rhinitis associated with pesticide exposure among commercial pesticide applicators in the Agricultural Health Study. *Occupational and Environmental Medicine*, 718-724.
- Solórzano, O. (2014). Manual de conceptos de Riesgos y Factores de Riesgo Para Análisis de Peligrosidad. *Ministerio de Agricultura y Ganadería Gestión Institucional De Recursos Humanos Gestión De Salud*, 2–40.
- Song In-geol, Cha Seung-yong, Kang Mun-gu, Kim Yong-hwan, Lee Jun-ho, Jo Kwang-won, Hwang Seong-yeon y Lee Dong-woo. (2017). Prognosis of Acute Pancreatitis in Glyphosate Surfactant Herbicide-intoxicated Patients. *Revista de la Sociedad Coreana de Medicina de Emergencia*, *28*(5), 467-474.
- Sorahan, T. (2015). Multiple myeloma and glyphosate use: A re-analysis of US agricultural health study (AHS) data. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 1548-1559. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph120201548>

- Spedding, C. R. (1979). *An Introduction to Agricultural Systems. Chapter 7, Classification of Agricultural Systems*. Applied Science Publishers, England. pp. 89–100.
- Stella Koutros, D. T., Heltshe, S., Lynch, C. F., Sandler, D. P., Blair, A., & Freeman, L. E. (2016). Occupational exposure to pesticides and bladder cancer risk. *International Journal of epidemiology*.
- Tereza Raquel R. Sena, Angelo Roberto Antonioli (2017) Hearing Loss Induced for Pesticides in a Rural Worker: A Case Report. *Journal of Otolaryngology Advances* - 2(1):12-16.
- Tranfield, D., Denyer, D. and Smart, P. (2003), Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*, 14: 207-222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- Valbuena, D., Cely-Santos, M., & Obregón, D. (2021). Agrochemical pesticide production, trade, and hazard: Narrowing the information gap in Colombia. *Journal of Environmental Management*, 286(September 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112141>
- Vandenberg, L. N., Blumberg, B., Antoniou, M. N., Benbrook, C. M., Carroll, L., Colborn, T., Everett, L. G., Hansen, M., Landrigan, P. J., Lanphear, B. P., Mesnage, R., vom Saal, F. S., Welshons, W. V., & Myers, J. P. (2017). Is it time to reassess current safety standards for glyphosate-based herbicides? *Journal of Epidemiology and Community Health*, 71(6), 613–618. <https://doi.org/10.1136/jech-2016-208463>
- Vasconcelos, D. (1990). Enfermedad de Alzheimer. *Gaceta Medica de Mexico*, 126(6), 523–525. [https://doi.org/10.1016/s1636-5410\(01\)70148-1](https://doi.org/10.1016/s1636-5410(01)70148-1)

- Villa-Forte, A. (Abril de 2022). *Manual MSD*. Obtenido de <https://www.msmanuals.com/es/hogar/fundamentos/el-cuerpo-humano/tejidos-y-%C3%B3rganos>
- Von Ehrenstein, O. S., Ling, C., Cui, X., Cockburn, M., Park, A. S., Yu, F., Wu, J., & Ritz, B. (2019). Prenatal and infant exposure to ambient pesticides and autism spectrum disorder in children: Population based case-control study. *The BMJ*, *364*, 1–10. <https://doi.org/10.1136/bmj.l962>
- Woodburn, A. T. (2000). Glyphosate: Production, pricing and use worldwide. *Pest Management Science*, *56*(4), 309–312. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1526-4998\(200004\)56:4<309::AID-PS143>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1526-4998(200004)56:4<309::AID-PS143>3.0.CO;2-C)
- Wumbei, A., Houbraken, M., & Spanoghe, P. (2018). Pesticides use and exposure among yam farmers in the Nanumba traditional area of Ghana. *Environ Monit Assessment*. [doi:https://doi.org/10.1007/s10661-019-7449-5](https://doi.org/10.1007/s10661-019-7449-5)
- Zhang, C., Hu, R., Huang, J., Huang, X., Shi, G., Li, Y., . . . Chen, Z. (2016). Health effect of agricultural pesticide use in China: implications for the development of GM crops. *Sci. Rep.* [doi:10.1038/srep34918](https://doi.org/10.1038/srep34918)