

Evaluación de impacto de glifosato en propiedades físicas y químicas del suelo andisol mediante  
análisis cuantitativo

Marta Fabiola Escobar Bisbicus

Universidad ECCI

Dirección de Postgrados

Especialización en Educación para la Sostenibilidad Ambiental

San Juan de Pasto

2022

Evaluación de impacto de glifosato en propiedades físicas y químicas del suelo andisol mediante  
análisis cuantitativo

Marta Fabiola Escobar Bisbicus

Presentado a

Juan Carlos Botero Toro

Informe presentado como requisito para optar el título de Especialista en Sostenibilidad  
Ambiental

Universidad ECCI

Dirección de Postgrados

Especialización en Educación para la Sostenibilidad Ambiental

San Juan de Pasto

2022

## Contenido

Resumen.....	7
Abstrac .....	9
Introducción .....	11
1. Título.....	13
2. Planteamiento del Problema de Investigación .....	14
2.1 Descripción del problema .....	14
2.2 Formulación de la pregunta .....	15
2.3 Sistematización .....	15
3. Objetivos.....	16
3.1 Objetivo general.....	16
3.2 Objetivos específicos .....	16
4. Justificación y delimitación .....	17
4.1 Justificación .....	17
4.2 Delimitación.....	18
4.3 Limitaciones.....	18
5. Marco de referencia .....	19
5.1. Estado del arte.....	19
5.2 Marco teórico .....	25
5.3. Marco legal .....	28
6. Marco metodológico de la investigación .....	31
6.1 Paradigma .....	31
6.2. Recolección de la información.....	31

6.3 Tipo de Investigación o Diseño metodológico .....	31
6.4 Fuentes de Información.....	32
6.5 Población y Muestra .....	33
6.6 Criterios de Inclusión y Exclusión.....	33
6.7 Instrumentos de recolección de datos .....	33
6.8 Análisis de la información .....	34
6.9 Cronograma.....	35
7. Resultados.....	37
7.1 Análisis e interpretación de los resultados.....	37
8. Análisis Financiero .....	41
9. Conclusiones .....	42
10. Recomendaciones o propuestas de solución.....	43
Bibliografía .....	45

## Dedicatoria

A Dios por guiarme en este proceso y permitirme avanzar cada día,

A mi familia por su inmenso amor, paciencia, consejos, acompañamiento y apoyo en todo momento.

A mis amigos por brindarme su valiosa amistad y momentos compartidos.

Marta Fabiola Escobar

## Agradecimientos

A Dios por permitirme iniciar y culminar esta etapa de mi vida y darme las fuerzas para seguir adelante.

Al docente Juan Carlos Botero, asesor del proyecto de investigación, por todo el apoyo, la dirección y orientación en el desarrollo de este trabajo.

A la Universidad ECCI, a la Dirección de Posgrados, Especialización en Educación para la Sostenibilidad Ambiental y a todos y cada uno de los docentes que contribuyeron a mi formación académica y humana.

A mi familia, amigos y compañeros por todo su apoyo y colaboración en el desarrollo del trabajo de grado.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron con la realización del presente trabajo.

Marta Fabiola Escobar

## Resumen

El suelo, es uno de los recursos más importantes considerados para la vida, por lo que un suelo contaminado o, que ha sufrido un cambio en sus características físicas, químicas o biológicas, podría resultar incompatible con sus propiedades funcionales de uso en cuanto al desarrollo ecológico, por lo tanto, supondría una amenaza grave para la salud de los seres vivos y el ambiente en donde se desarrolla, puesto que le brinda a las especies vegetales y animales un espacio para su subsistencia y, de manera directa, un beneficio a los humanos. (Batis, et, al, 2020)

Por lo tanto, la alteración del suelo debido a la incorporación antropogénica de sustancias ajenas, es uno de los temas de estudio con más énfasis en la actualidad por los diferentes problemas ambientales y la amenaza real a la salud pública que ha causado. Entre los agentes contaminantes que impactan negativamente al suelo están los herbicidas, fungicidas y plaguicidas.

Un ejemplo de los herbicidas es el Roundup, o también conocido como glifosato, cuyo efecto como agente reductor de cultivos es el de neutralizar el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales y animales, tanto de forma micro como macroscópica, cuya efectividad se ha ratificado mediante los procesos de erradicación de cultivos ilícitos en diversos países. (Bórtoli, et, al, 2012)

En Colombia existe una política antidrogas que implementa el glifosato en los diversos programas de erradicación, en estos se manifiesta los parámetros a seguir para el uso del glifosato, como la dosificación (10.4 litros/ha), los tiempos de aplicación, las repeticiones, los sectores en los cuales se hará presencia, etc., (Menza & Salazar, 2013). Considerando que en Colombia se estimaron 154.000 hectáreas para el 2019, la cantidad de suelos contaminados es abundante, por lo tanto, se requiere buscar alternativas de remediación eficaces para la recuperación fisicoquímica

y biológica de los suelos.

Dado lo anterior, es preciso dar pie a iniciativas que permitan mitigar los escenarios de afectaciones causadas por el uso inadecuado de los herbicidas, para ello, es preciso conocer el ámbito general que se encuentra detrás de dicha problemática, para ello, se propone realizar una búsqueda de información que permita conocer las experiencias relacionadas al uso del glifosato y sus efectos.

Palabras claves: Agentes contaminantes, Cultivos ilícitos, Fungicidas, Glifosato, Herbicidas, Plaguicidas, Procesos de erradicación, Recuperación fisicoquímica y biológica, Suelos



## Abstrac

The soil is one of the most important resources considered for life, so a contaminated soil or one that has undergone a change in its physical, chemical or biological characteristics could be incompatible with its functional properties of use in terms of development. ecological, therefore, it would pose a serious threat to the health of living beings and the environment in which it develops, since it provides plant and animal species with a space for their subsistence and, directly, a benefit to the humans. (Batis, et al, 2020)

Therefore, the alteration of the soil due to the anthropogenic incorporation of foreign substances is one of the topics of study with more emphasis today due to the different environmental problems and the real threat to public health that it has caused. Among the polluting agents that negatively impact the soil are herbicides, fungicides and pesticides.

An example of herbicides is Roundup, or also known as glyphosate, whose effect as a crop reducing agent is to neutralize the growth and development of plant and animal species, both microscopically and macroscopically, whose effectiveness has been confirmed by illicit crop eradication processes in various countries. (Bórtoli, et, al, 2012)

In Colombia there is an anti-drug policy that implements glyphosate in the various eradication programs, in which the parameters to be followed for the use of glyphosate are stated, such as dosage (10.4 liters/ha), application times, repetitions, sectors in which it will be present, etc. (Menza and Salazar, 2013). Considering that in Colombia 154,000 hectares were estimated for 2019, the amount of contaminated soil is abundant, therefore, it is necessary to seek effective remeasurement alternatives for the physicochemical and biological recovery of soils.

Given the above, it is necessary to give rise to initiatives that allow mitigating the scenarios

of effects caused by the inappropriate use of herbicides, for this, it is necessary to know the general scope that is behind said problem, for this, it is proposed to carry out a search for information that allows knowing the experiences related to the use of glyphosate and its effects.

Keywords: Polluting agents, Illicit crops, Fungicides, Glyphosate, Herbicides, Pesticides, Eradication processes, Physicochemical and biological recovery, Soils

## Introducción

En enero de 1992, la Junta Nacional de Estupefacientes autorizó la fumigación aérea controlada de cultivos ilícitos, mediante el uso del agente químico glifosato, luego de evaluar diversos herbicidas y, en noviembre de 2001, con la Resolución 1065, el Ministerio del Ambiente impuso el Plan de Manejo Ambiental de la Dirección Nacional de Estupefacientes, en ejecución de la Resolución 1054 de 2003 con el fin de monitorear todas las actividades comprendidas en el Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos de Glifosato.

Respondiendo al llamado anterior, nace el ejercicio investigativo denominado “Evaluación de impacto de glifosato en propiedades físicas y químicas del suelo andisol mediante análisis cuantitativo”, el cual para su realización y puesta en marcha se tiene en cuenta una serie de capítulos, los cuales se describen a continuación: Capítulo I. Título; Capítulo II. Planteamiento del Problema de Investigación, donde se encuentra de manera detallada la descripción del problema encontrado en la región y por el cual se logra implementar dicha investigación, así mismo se encuentra también la pregunta problema y la sistematización; Capítulo III. Objetivos, donde se encuentran de manera puntual un objetivo general y tres objetivos específicos, los cuales deben cumplirse a cabalidad para éxito del proyecto; Capítulo IV. Justificación, donde se analiza además la delimitación que presenta el proyecto y las limitaciones del mismo; Capítulo V. Marco de referencia, donde se encuentran consignados los aportes teóricos que avalan la propuesta de investigación, tal es el caso del estado del arte, marco teórico y marco legal; Capítulo VI. Marco metodológico de la investigación, es la manera como se desarrolla la investigación, teniendo en cuenta el paradigma, la recolección de la información, el tipo de investigación o diseño metodológico, las fuentes de información, tanto primarias como secundarias, población y muestra,

los criterios de inclusión y exclusión, los instrumentos de recolección de datos y el análisis de la información; Capítulo VII. Resultados, aquí se encuentra el análisis e interpretación de los resultados obtenidos con la implementación de instrumentos de recolección de datos, la discusión; Capítulo VIII. Análisis Financiero, donde se destacan los gastos realizados con la implementación del proyecto. Como para terminar se encuentran las conclusiones, las recomendaciones y la bibliografía.

## 1. Título

Evaluación de impacto de glifosato en propiedades físicas y químicas del suelo andisol mediante análisis cuantitativo

## 2. Planteamiento del Problema de Investigación

### 2.1 Descripción del problema

Existen diversos tipos de herbicidas, uno de estos es el Glifosato, Williams, y otros, (2016) afirman que “El glifosato, es un herbicida pos emergente de amplio espectro y no selectivo que se ha estado utilizando desde 1974, y suprime efectivamente el crecimiento de muchas especies de árboles, hierbas y malezas”.

La actividad del glifosato en el suelo consiste en la neutralización de organismos microbiológicos y pérdida de condiciones naturales físicas y químicas, como variación de textura, color, porosidad, potencial de hidrogeno, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de materia orgánica, entre otras. Además, el comportamiento de glifosato puede variar en función de las características específicas del suelo sobre el que se aplique, y el volumen utilizado (Calderón, et, al, 2005)

La Dosis de glifosato en Colombia se rigen bajo la Resolución 99 del 31 de enero de 2003; que establece las cantidades permisibles mediante aspersion, no obstante, la perdida ecológica es alta en los andisoles, debido al elevado porcentaje de materia orgánica característica de este tipo de suelos. Actualmente existen avances científicos enfocados en la restauración de suelos afectados por herbicidas; sin embargo, la información se encuentra en etapa de fase inicial, no están en plataformas disponibles para el público en general o son similares a estudios previos, limitando la posibilidad de implementar iniciativas de mitigación

Teniendo en cuenta que, Nariño es una región afectada por el uso del glifosato, y que el tipo de suelo predominante son andisoles, se propone realizar un análisis cenciometrico, que

permita encontrar alternativas viables de recuperación, empleando minería de texto e indicadores estándar para la búsqueda, organización y estudio de los datos recopilados en fuentes bibliográficas

## 2.2 Formulación de la pregunta

¿Cuál es el grado de avance en investigaciones científicas realizadas en Colombia con respecto al impacto generado en el suelo por uso del glifosato?

## 2.3 Sistematización

El grado de avance en cuanto a las investigaciones científicas realizadas en pro de conocer las afectaciones del suelo por el mal uso del glifosato, es bajo en cuanto a las publicaciones realizadas en Colombia.

### 3. Objetivos

#### 3.1 Objetivo general

Evaluar el impacto del glifosato en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo andisol, mediante un análisis bibliométrico.

#### 3.1 Objetivos específicos

Establecer la composición, dosificación del glifosato como herbicida y los efectos producidos en el suelo debido a su aplicación, mediante indicadores bibliométricos, empleando la base de datos Scopus y web science.

Identificar las variaciones en las propiedades fisicoquímicas y biológicas de suelo andisol contaminado por la aspersión de glifosato, mediante indicadores bibliométricos, empleando la base de datos Scopus y web science

Cuantificar las documentaciones bibliográficas encontradas, de tal manera que permita medir de forma estadística el avance investigativo.



## 4. Justificación y delimitación

### 4.1 Justificación

Las monografías son herramientas que permiten tener información detallada sobre un tema en específico, y esto es porque se puede tener un espectro a nivel nacional e internacional, en la metodología, se encuentra el análisis cencimétrico, empleado en técnicas métricas para la evaluación de la ciencia y examina el desarrollo de las publicaciones científicas de países y organizaciones (Araújo & Arencibia, 2002), por ende es posible establecer un panorama específico sobre el estado de tema en materia de investigaciones, dando conclusiones y que den inicio a nuevos experimentos.

Adicionalmente, la revisión bibliométrica en las bases de datos disponibles, evita en cierta medida que se generen réplicas de estudios anteriores, aportando un grado de innovación en el campo de la investigación, que resulta pertinente para la región y las condiciones culturales, económicas y políticas que tienen lugar en el país. El departamento de Nariño tiene situaciones sociales y políticas, que han llevado a la aspersión de glifosato en sus suelos, lo cual ha generado un impacto significativo en sus condiciones fisicoquímicas y biológicas del suelo.

Considerando que el suelo es un eje fundamental en el marco del desarrollo de diferentes actividades humanas, es necesario evaluar el nivel de afectación del glifosato, referente a las variaciones generadas por la actividad del glifosato, esto a su vez, permite establecer metodologías alternas que promueva un uso adecuado de los herbicidas, dando lugar a técnicas idóneas en los cultivos.

## 4.2 Delimitación

Se debe replantear el programa de erradicación de cultivos ilícitos para que se controle el uso de glifosato con un margen mínimo de daño a las poblaciones vegetales o animales, ya que se ha demostrado que este contaminante genera impactos negativos en todas sus formas.

## 4.3 Limitaciones

Es de anotar que, en este estudio, no se evaluaron los impactos sociales, políticos, económicos ni ambientales de la medida, que podrían contribuir a la explicación de la gran mayoría de quejas.

## 5. Marco de referencia

### 5.1. Estado del arte

El código internacional de conducta sobre la distribución y uso de plaguicidas de la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), ha establecido que un plaguicida es la sustancia o mezcla de ellas, utilizada para prevenir, distribuir o controlar plagas, incluyendo los vectores de enfermedad animal y humana; las especies no deseadas de plantas o animales que ocasionan un daño duradero u otras que interfieren con la producción, procesamiento, almacenamiento, transporte y comercialización de alimentos; los artículos agrícolas de consumo, la madera y sus productos, el forraje para animales o los productos que deben administrárseles para el control de insectos, arácnidos u otras plagas corporales. (FAO, 2002)

El glifosato, comúnmente conocido como por su nombre original Roundup tm (elaborado por Monsanto), es el herbicida más usado en todo el mundo. Muchas empresas en distintos países elaboran herbicidas a base de glifosato. La acción que hacen los herbicidas del glifosato se debe principalmente a su capacidad para bloquear la producción de aminoácidos esenciales en las plantas y algunos microorganismos a través de una vía llamada shikimate, que está presente sólo en las plantas. Por lo tanto, se vendió como "seguro" para los animales y los seres humanos. (Meriel Watts, 2016)

El glifosato se pulveriza en numerosos cultivos y plantaciones, en alrededor del 80% de cultivos modificados genéticamente (canola, maíz, algodón, soja, remolacha azucarera); con niveles relativamente altos a los residuos permitidos en alimentos y piensos. Se utiliza como un desecante antes de la cosecha y, debido a que es un herbicida sistémico, no puede eliminarse

completamente de los alimentos mediante lavado, pelado o elaboración.

Se utiliza mucho en los jardines caseros y en los lugares públicos, como caminos y también en hábitats seminaturales y naturales. La exposición humana es generalizada y constantemente recurrente. Los residuos están muy extendidos en los alimentos, sobre todo en aquellos que contienen cereales (donde se ha usado el glifosato previamente en su cosecha o maíz transgénico o productos derivados de la soja. Además, se ha detectado en agua potable, vino y cerveza e incluso en los productos no alimenticios derivados del algodón transgénico. (Lyssimachou, 2016)

El abuso de estas sustancias químicas provoca resistencia a los insectos, plantas y hongos, esto significa que usan más dosis de las que usaban antes, y esto provoca contaminación al medio ambiente. (Benítez, 2012)

Monsanto afirmó que el glifosato es "biodegradable" y que "dejaba el suelo limpio". Sin embargo, en 2009, el Tribunal Supremo de Francia confirmó las sentencias de dos tribunales anteriores de que estas afirmaciones eran falsas. (Anon, 2009)

Al igual que con el medio acuático, los efectos sutiles que causan la alteración del ecosistema son los que más causan preocupación, particularmente los efectos sobre el agroecosistema. El glifosato es tóxico para algunos, pero no para todos los microorganismos del suelo. El glifosato altera la dinámica de la comunidad microbiana de una manera que es perjudicial para las plantas y para el equilibrio ecológico y también aumenta los microorganismos capaces de metabolizar el producto químico. Además de que puede reducir algunos organismos beneficiosos, tales como saprofitos y hongos que descomponen el material vegetal muerto y son importantes para la fertilidad del suelo.

Numerosos estudios han demostrado que el glifosato estimula el crecimiento de una serie de patógenos fúngicos que causan enfermedades en muchos cultivos. (Schütte, 2016)

El aumento del uso del glifosato en la agricultura sin labranza ha provocado la aparición de algunas enfermedades. El glifosato se mezcla con los micronutrientes del suelo y causa deficiencias de micronutrientes en las plantas que aumentan su susceptibilidad a las enfermedades, disminuyen su vitalidad y producen cultivos alimentarios deficientes en micronutrientes. (Guadagnini, 2016)

El uso de glifosato puede resultar en pérdidas significativas en la población de varias especies terrestres por medio del hábitat y de la destrucción del suministro de alimentos. Se han elaborado varios informes sobre las numerosas muertes de ganado y de animales domésticos como resultado de la pulverización de glifosato en algunas áreas de Colombia. (Marquez, 2016)

La Autoridad Europea de Seguridad Alimenticia (EFSA) describe la persistencia del glifosato en el suelo con niveles que van de baja a muy alta y la persistencia de AMPA con niveles de moderada a muy alta, con una vida media que varía de menos de una semana a más de un año y medio, dependiendo de la extensión del suelo y descomposición microbiana (el glifosato se descompone por degradación microbiana). Los residuos se han encontrado hasta 3 años después de su aplicación en climas fríos. Es menos persistente en climas más cálidos, con una vida media entre 4 y 180 días. Está ligado a las partículas del suelo y lo que hizo pensar que significa que el glifosato no es biológicamente activo dentro del suelo, ni se lixivia a las aguas subterráneas. Sin embargo, ahora se sabe que puede volverse fácilmente desacoplado, ser absorbido por plantas o lixiviar y provocar un mayor riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Los fertilizantes fosfatados reducen la unión del glifosato a las partículas del suelo y, por tanto, aumentan la cantidad de glifosato no unido que queda en el suelo que queda disponible para la absorción de raíces, metabolismo microbiano y lixiviación en las aguas subterráneas. El riesgo de lixiviación es mayor en los suelos fertilizados. Sin embargo, la presencia de glifosato en algunos suelos puede

reducir la retención y la disponibilidad de fosfato, de forma que disminuye la fertilidad del suelo. (Lyssimachou, 2016)

Burger & Fernández, (2004) Especifican que “el tiempo óptimo de un 50% para la biodegradación de glifosato en suelo ocurre de dos a tres días en condiciones anaeróbicas”. Uno de los documentos científicos concluye que es necesario conocer si la tierra ha tenido aplicaciones de herbicidas anteriores ya que si hay residuos pueden causar daños remanentes de fitotoxicidad a cultivos futuros; la diversidad microbiana del suelo es importante ya que esta ejecuta un papel esencial y de calidad en la degradación de materia orgánica, desarrollo de humus, flujo de energía, solubilización de nutrientes esenciales como el fosforo, descomposición de xenobióticos y fijación de nitrógeno atmosférico También depende del clima y las dosis; en la figura 4. Se muestra los factores que influyen para el proceso de degradación de glifosato. (Bozzo de Brum, 2010)

Glifosato tiene la capacidad de bloquear el ácido indolacético, este es una hormona que interfiere en el crecimiento celular, la clorofila y las proteínas involucradas en la síntesis de azúcares y desintoxicación de la planta. Este herbicida afecta otras dos enzimas que se encuentran unidas al ácido chiquimato conocidas como clorismato mutasa y pefenato hidratasa. Por tanto, también puede afectar otras enzimas no relacionadas con esta vía; este es demostrado en el Artículo. La reacción en la planta empieza a notarse al paso de una semana post• exposición cuando aparece la clorosis (amarilla pimienta) y bloqueo del desarrollo de las hojas jóvenes y punto de crecimiento. (Ramírez & Lacasaña, 2001)

La dosis estimada que es necesaria ingerir para que provoque la muerte del 50% de animales de laboratorio es DL50 (dosis letal 50) la cual es expresada en mg/kg según el informe de la Universidad Nacional del Litoral. (Universidad Nacional del Litoral, 2010)

Cuando glifosato se encuentra en suelo empieza a competir con el fosforo, esto

influenciado en gran manera por las características del suelo como el potencial de fijación del fósforo, hierro, pH, capacidad de intercambio catiónico y según el contenido de arena y componentes orgánicos del suelo. (Salazar & Aldana , 2011)

Glifosato cuenta con un bajo nivel de lixiviación porque es absorbido rápidamente por las partículas del suelo como arcillas, óxido hidroso y minerales suspendidos en agua. Es descompuesto por microorganismos en un nivel de suelo, sedimento acuático y agua a su principal metabolito acidoaminometilfosfonico (AMPA). (Ramírez & Lacasaña, 2001)

Los Andisoles cubren más de 124 millones de hectáreas, aproximadamente el 0,84 % de la superficie de la tierra. El sorprendente patrón de la distribución de los Andisoles sigue paralelo al Círculo de Fuego del Pacífico, que concentra las zonas de actividad tectónica y volcánica a lo largo de la costa occidental de todo el continente americano, se extiende a través de las Islas Aleutianas, hacia el sur de la Península de Kamchatka en Rusia, de un lado a otro de Japón, Filipinas e Indonesia, a través de Papúa Nueva Guinea, Islas Salomón y Vanuatu y otras Islas del Pacífico hasta Nueva Zelanda. Aproximadamente el 60 % de los andisoles se encuentra en países tropicales. (Sánchez Espinosa, 2015)

A pesar de que los Andisoles totalizan una extensión relativamente pequeña de la superficie del mundo, representan un recurso crucial y valioso de suelos agrícolas en relación con las altas concentraciones de población que vive en estas regiones. (Takahashi & Shoji, 2002)

En Colombia estos suelos se encuentran distribuidos en la región Andina y cubren alrededor del 4,5 % (cerca de 5.200.000 hectáreas) del territorio nacional, con predominio en la cordillera Central, algo menos en la Occidental y con menor extensión en la Oriental. Su distribución abarca paisajes de montaña, siendo más extensos en las altiplanicies, piedemontes, planicies aluviales y esporádicamente áreas fluvio marinas. (Ávila Pedraza, 2005)

Uno de los principales usos de los Andisoles es como aprovechamientos frutícolas, principalmente de plataneras, y como aprovechamiento de cafetales. Hay que tener en cuenta que son suelos de bajas densidades aparentes y fáciles de cultivar, aunque a veces por su elevada pendiente muy complicados en el manejo de maquinaria agrícola. No obstante, con un buen manejo se pueden llegar a conseguir grandes rendimientos agrícolas. (Sánchez Espinosa, 2015)

Documentos científicos especifican que la degradación de glifosato no es un proceso rápido y que es necesario un tiempo para lograr un equilibrio bajo intensas lluvias o irrigaciones después de las aplicaciones ya que estos provocan escurrimientos hacia depósitos de agua subterráneos. El proceso de degradación se realiza por medio de transformación natural microbiana del suelo como AMPA (aminometil-fosfonico), sacarosina y formaldehido, a bióxido de carbono, AMPA es su principal metabolito en descomposición siendo detectable tanto en suelo como en vegetales. (Mañas, 2010)

Frente a la posibilidad de que se retomen las aspersiones aéreas, el gobernador de Nariño, Camilo Romero, afirmó que bastaría con la duda para que un Gobierno sensato decidiera mantenerlo prohibido y proteger a su población y su territorio. En 2008, el Gobierno ecuatoriano interpuso una demanda internacional contra Colombia, la cual fue resuelta en una conciliación. Finalmente, luego de cinco años, al país le correspondió pagar a Ecuador, 15 millones de dólares como compensación por los daños causados por las fumigaciones aéreas. Además, lograron proteger una franja del territorio nariñense. (Semana, 2019)

Cordero Heredia, ministerio de interior y de justicia, dirección nacional de estupefacientes establece que para la aspersión de cultivos de coca se utiliza:

- Mezcla de glifosato, agua y coadyuvante: 23,65 lts./ha (10.4 lts. de glifosato/ha)
- Asperción de 1,04 ml por mt<sup>2</sup>



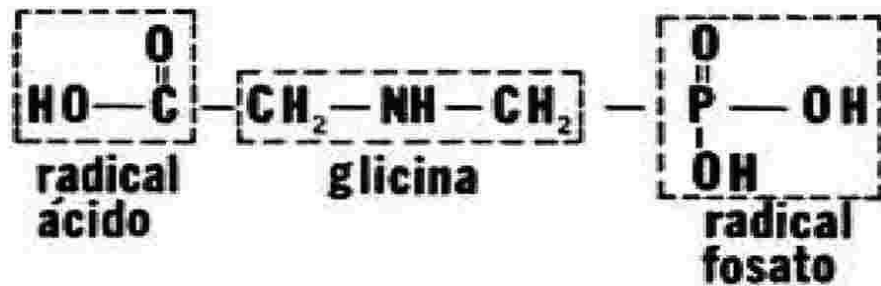
- Concentración máxima de 480 mg/l
- Cada mt<sup>2</sup> asperjado recibe 0,499mi de ingrediente activo
- Carga del avión 300-450 galones 1137-1705 litros
- Descarga efectiva (de Roundup Ultra con 43,9% de glifosato) 23,4 l/ha (30 a 50 gotas/cm<sup>2</sup>) 10,3 l/ha de glifosato
- Depósito de mezcla 0,4-0,7mn<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> 40-70 l/ha

Existen numerosos métodos de diseño, de mecánicas y de cultivo, así como algunos herbicidas no químicos basados en extractos de plantas que pueden usarse en lugar de herbicidas de glifosato, dependiendo de las especies de malezas y la situación. Primero se debe tener cuidado para determinar si la planta considerada como mala hierba es realmente un problema para la producción o debe considerarse como una planta sin cultivos con usos beneficiosos o servicios eco sistémicos. (Guadagnini, 2016)

## 5.2 Marco teórico

El glifosato es un herbicida sistémico que actúa en post-emergencia, no selectivo, de amplio espectro, usado para matar plantas no deseadas como pastos, hierbas de hoja ancha y especies leñosas. El glifosato mismo es un ácido, pero es comúnmente usado en forma de sales, más comúnmente la sal isopropilamina de glifosato, o sal isopropilamina de N-(fosfometil) glicina. Su nombre comercial más conocido es el Roundup, el herbicida organofosforado conocido como glifosato (ácido N-fosfometil glicina), se caracteriza por tener una molécula derivada de un aminoácido más simple que es glicina, su estructura química se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Estructura Molecular del Glifosato Acido-N- fosfometil-glicina



Fuente: Jerry Doll, (1981)

En Colombia, además de su uso como herbicida en la agricultura, se usa también como desecante de granos y por vía aérea como madurante en la caña de azúcar y en los programas de erradicación de cultivos ilícitos, erradicando simultáneamente cultivos alimenticios y especies silvestres, sin que se hayan estudiado los verdaderos impactos de su utilización sobre la salud de las personas y el medio ambiente. Las ventas mundiales del glifosato, cuyo fabricante básico es Monsanto, superan los 1.500 millones de dólares actualmente y se calcula que crecerán a 2.000 millones de dólares en los próximos 5 años, equivalentes a más de 40.000 toneladas de ingrediente activo (Nivia, 2000), sin contar que la producción y consumo es constante a nivel internacional.

La actividad herbicida del glifosato está basada en su capacidad de bloquear la vía enzimática del Shikimato al inhibir a la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS), relacionada con la biosíntesis de aminoácidos esenciales (aminoácidos aromáticos como fenilalanina, triptófano y tirosina). Al no haber estos aminoácidos, se detiene la síntesis de proteínas en las células vegetales, el crecimiento de la planta cesa hasta que muere. (CONACYT, 2019)

Considerando que el mayor consumo del glifosato está directamente relacionado con los cultivos ilícitos, vale recalcar, que estas son tierras trabajadas, cuyo propósito es la producción de

sustancias psicoactivas, en cantidades masivas y sin control de la autoridad vigente. (Rivera & Carbono, 2020)

El departamento de Nariño es una región que afronta la problemática de los cultivos ilícitos, a los cuales, se les han implementado el uso del glifosato, lo que ha generado impactos en las características naturales del suelo, el cual es de tipo Andisol.

Los Andisoles son suelos desarrollados sobre materiales piroclásticos depositados por erupciones volcánicas cuya principal característica es la variedad de material parental debido a la naturaleza de los materiales expulsados en las erupciones. El origen de estos suelos se debe al rápido enfriamiento de los materiales expulsados, que no permite la cristalización de los minerales con un alto grado de ordenación, resultando así un material vítreo o vidrio volcánico amorfo.

El uso de herbicidas, en este caso el glifosato, genera cambios en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, y los andisoles no son la excepción, cambios generados en parámetros físicos, como la altura, color, o masa, químicos como el potencial de hidrogeno, contenido de materia orgánica, y biológicos como carga microbiológica. Estas fluctuaciones tienen origen antrópico principalmente con el fin de realizar una evaluación respecto a los cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo andisol, se puede emplear un análisis cuantitativo utilizando referentes bibliográficos. (Meriel Watts, 2016)

El término cuantimetría surge en 1977 en Europa Oriental cuando la revista titulada *Scientometrics* alcanza un nivel de popularidad alto; desde ese momento se ha encargado de estudiar aspectos de la ciencia en cuanto a la información que es registrada en formatos permanentes (revistas, base de datos, páginas web, etc.) y disponibles para uso común. En Latinoamérica, la cuantimetría aparece por primera vez en el año 1995 cuando se crea la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), patrocinada por el Programa

Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) –programa perteneciente a la UNESCO y la OEA. (EcuRed, 2014)

En este sentido, la cienciometría es el estudio de los aspectos cuantitativos de la ciencia como disciplina o actividad económica. Forma parte de la sociología de la ciencia y se aplica en la elaboración de las políticas científicas; comprende estudios cuantitativos de las actividades científicas, incluidas las publicaciones y de esa forma se superpone a la bibliometría. (Macías, 2001)

### 5.3. Marco legal

En el artículo 80 de la Constitución política, se le confiere al Estado la obligación de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución; además de esto, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. (Congreso de Colombia, 1991)

Ley 99 de 1993. Por medio de esta ley se establece que, las Corporaciones Autónomas Regionales tienen la función de otorgar concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales requeridas por la ley para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables o para el desarrollo de actividades que afecten o puedan afectar el medio ambiente. (Minambiente, 1993)

Ley 388 de 1997 y ley 507 de 1999 (modificación de Ley 388 de 1997). Según el artículo 6 de la presente ley, el objetivo del plan de ordenamiento municipal y distrital es complementar la planificación económica y social con la dimensión territorial, racionalizar las intervenciones sobre

territorio y orientar su desarrollo sostenible mediante estrategias territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo, en función de los objetivos económicos, urbanísticos y ambientales. (Congreso de Colombia, 1997)

Decreto 2811 de 1974. Dentro del decreto del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, se encuentra el componente de “La Tierra y los suelos” (parte VII), el cual establece los principios generales respecto al uso del suelo para actividad agrícola. (Congreso de Colombia, 1974)

El uso potencial de los suelos de Colombia se debe determinar según sus factores físicos, ecológicos y socioeconómicos, teniendo en cuenta dichos componentes, se clasificarán los suelos. También estipula que, “las personas que realicen actividades agrícolas, pecuarias, forestales o de infraestructura, que afecten o puedan afectar los suelos, están obligados a llevar a cabo las prácticas de conservación y recuperación que se determinen de acuerdo con las características regionales”

Tabla 1. Normativa vigente sobre uso del glifosato en Colombia

Normativa	Entidad que la expide	Observaciones
Resolución 1065 del 26 de noviembre de 2001	Ministerio del Medio Ambiente	Se da inicio a la actividad denominada "Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante la Aspersión Aérea con Glifosato" - PECIG- en el territorio nacional. (ANLA, 2001)

---

Resolución 99 del 31 de enero de 2003	Ministerio de medio ambiente	<p>Acoger la recomendación emitida por el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, para el incremento provisional de la dosis a 10.4 litros/ha de la formulación comercial del Glifosato, para la erradicación de los cultivos de coca, en el marco del citado programa. (Congreso de Colombia, 2003)</p>
Resolución 1214 del 30 de septiembre de 2015	<p>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA</p>	<p>Ordena la suspensión, de las actividades del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante la aspersion aérea con glifosato – PECIG, en todo el territorio nacional. (ANLA, 2015)</p>

---

Fuente: La autora 2022

## 6. Marco metodológico de la investigación

### 6.1 Paradigma

El paradigma utilizado en la presente investigación hace referencia al descriptivo, ya que lo que se pretende es medir el nivel de impacto generado en los suelos andisoles por la aplicación del glifosato. Además, hace referencia a una investigación cualitativa, debido a que el principal objetivo es evaluar el impacto de un herbicida mediante indicadores cuantitativos.

### 6.2. Recolección de la información

La recolección se hace a través de un diagnóstico ambiental considerando que el resultado final será la determinación de un nivel de impacto causado por el uso del glifosato, para este proceso se hace necesario trabajar con una población conformada por trabajos realizados por diferentes autores cerca de las afectaciones que se generan en el suelo a causa del uso del glifosato.

### 6.3 Tipo de Investigación o Diseño metodológico

El presente trabajo de investigación se enfoca en una investigación participativa, ya que pretende que los miembros de la comunidad formen parte del proceso de construcción del conocimiento generado a partir del proyecto, así como en la toma de decisiones y en las diferentes fases de ejecución del mismo; además hace parte de una investigación cualitativa

como método de estudio que se propone evaluar, ponderar e interpretar información obtenida a través de la evaluación del impacto de un herbicida.

#### 6.4 Fuentes de Información

Para la clasificación de la información se tomaron en cuenta parámetros que lograran delimitar la información respecto al grado de avance en materia de investigaciones sobre afectaciones de glifosato.

Tabla 2. Parámetros de medición para la cuantificación de la información

Tipo de documento	Parámetros
Artículos científicos, libros, capítulos de libros, páginas de revistas, etc.	Año de publicación, país de origen y resultados.

Fuente: La autora 2022

Respecto a año de publicación, se tomarán en cuenta los estudios realizados desde el año 2010 hasta 2021.

El país de origen será solamente de Colombia o extranjero si es fuera de Colombia.

En resultados solo se tendrá en cuenta si la información suministrada fue comprobada de forma experimental y si el resultado se deriva en un impacto positivo o negativo de acuerdo a las conclusiones de la investigación y sus recomendaciones (si las tiene).



## 6.5 Población y Muestra

La población serán los trabajos realizados por diferentes autores cerca de las afectaciones que se generan en el suelo a causa del uso del glifosato; la muestra hace referencia a los suelos Andisoles presentes en el departamento de Nariño Colombia.

## 6.6 Criterios de Inclusión y Exclusión

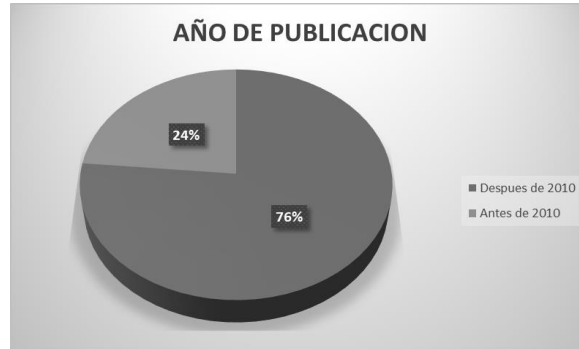
Los participantes de este proyecto de investigación deben ser personas comprometidas con el bien de la comunidad y en especial con el medio ambiente, con la realización de las actividades a proponer y su éxito en el proceso dentro de la comunidad, ya que todos pertenecen a su entorno y son responsables de las tareas que le son delegadas a cada uno.

## 6.7 Instrumentos de recolección de datos

Se utilizó la observación, ya que permitió observar el contexto del lugar donde se realizó la investigación, las malezas que existen como también los cambios que se produce después de aplicar el glifosato así mismo registrar la información para el análisis de los datos correspondientes.

## 6.8 Análisis de la información

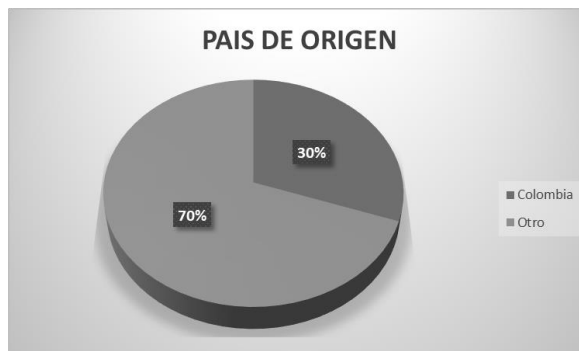
Gráfico 1. Año de publicación de los diferentes documentos revisados



Fuente: La autora 2022

De acuerdo a la gráfica 2, se puede evidenciar que el mayor número de documentos consultados se realizaron después de 2010, aproximadamente un 76% de los 50 documentos estudiados, esto determina que existe un avance continuo en cuanto al análisis de los efectos del glifosato como agente herbicida, que permite concertar información de peso para futuras investigaciones, que eventualmente afianzaran el estado del arte actual.

Gráfico 2. País de origen de los documentos seleccionados



Fuente: La autora 2022

De acuerdo a la gráfica 3, el 70% de los documentos seleccionados proviene de un



---

Revisión del estado del  
arte

Búsqueda, selección y  
revisión de artículos

Selección de artículos  
mediante indicadores y  
metodologías  
propuestas

---

Fuente: La autora 2022

## 7. Resultados

### 7.1 Análisis e interpretación de los resultados

Composición y dosificación del glifosato de acuerdo al programa de erradicación de cultivos ilícitos. De acuerdo a la resolución 99 de 31 de enero de 2003, revisada y aprobada por el Ministerio de Medio Ambiente, la dosis a 10.4 litros/ha de la formulación comercial del Glifosato, para la erradicación de los cultivos de coca, no obstante, dicha dosis se plantea respecto a las necesidades de finalizar con el desarrollo de especies arbóreas denominadas en el presente programa, sin embargo, Varona, y otros, (2009) describen al glifosato como un herbicida de amplio espectro que no discrimina el tipo u origen de la composición morfológica del individuo a atacar, es decir, el glifosato puede afectar a las especies vegetales y animales con las que entra en contacto sin restricción alguna.

En cuanto a la dosificación aérea, Marshall, y otros, (2021) verificaron la dosis de glifosato en 3.7 kg/ha por cargas de aeronaves destinadas a la fumigación de cultivos ilícitos, a la cual, se le agrega un coadyuvante que permite maximizar el efecto del herbicida, en síntesis, el impacto es mayor, adicional a esto, Solomon, y otros, (2005) determinaron que la mecánica de la aspersión genera mayor rango de amplitud en cuanto al efecto del glifosato, debido a factores como velocidad de vientos, escorrentías, entre otras.

Dado lo anterior, es válido afirmar que las dosificaciones están ajustadas para llevar a cabo la degradación de los seres vivos con los que entra en contacto, ya sea especies vegetales o animales, variaciones en las propiedades físicas y químicas del suelo por el uso del glifosato. Para esta fase se delimitarán las propiedades específicas que se ven influenciadas por el contacto con el glifosato y la característica específica que conlleva al

proceso de degradación, estas son: Materia Orgánica, Humedad, pH, y Porosidad.

Materia Orgánica: De acuerdo a Rubenacker, (2004), y Restrepo, (2007), la materia orgánica tiende a decrecer a largo plazo (Mayor a tres meses), esto debido a la inhibición del herbicida al interior de la estructura celular de las especies vegetales, lo que reduce considerablemente el carbono concentrado en ella, así mismo, minimiza la biodisponibilidad de nutrientes, puesto que procesos químicos se frenan en consecuencia al colapso de la integridad molecular.

Por otro lado, Cuevas & Seguel, (2006) afirma que la primera etapa de degradación se debe al descenso en la curva de actividad microbiológica, y la interacción entre la edafofauna y el suelo, puesto que durante el proceso de contaminación (fumigación con herbicida) los nutrientes desaparecen, esto confirma lo dicho por Restrepo (2009), quien determino que las especies vegetales no se degradan en las primeras semanas, el almacén de nutrientes de reserva puede sostener la microbiota durante un corto periodo de tiempo.

Sin embargo, Yu & Zhou, (2005) afirman que la degradación de la vegetación se potencializa dependiendo de las características iniciales, es decir, antes de realizar la contaminación con el herbicida, dando a entender que el comportamiento de la degradación puede variar en tiempo de acuerdo a diversos factores a considerar, no obstante, es claro que, para materia orgánica, el impacto es negativo, a largo o corto plazo, y que esta propiedad debe ser atendida de forma prioritaria, puesto que afecta directa o indirectamente a mas propiedades.

pH: Según Tortosa, (2013), Fajardo (2021) y Bortoli (2012), el pH como propiedad no se ve afectado por la aplicación del glifosato como agente herbicida, puesto que se demostró que los contenidos de sales o ácidos no están en una concentración capaz de alterar significativamente este parámetro, a su vez, se debe tener en cuenta que durante el proceso

de degradación, los nutrientes se transforman, dando lugar a reacciones químicas que compensan la falta de interacción microbiológica, aunque, Fajardo (2021) explica que, a largo plazo, el pH se ve afectado por la ausencia de materia orgánica, puesto que la producción de ácidos se minimiza, lo que le da al suelo una característica más alcalina.

Debido a lo anterior, el pH se considera como una propiedad afectada a largo plazo, pero que puede ser tratada de forma menos prioritaria que otras, puesto que el grado de afectación se puede minimizar paulatinamente.

Humedad: Sobre este parámetro, Silva (2018) encontró que la humedad se ve beneficiada a corto plazo (uno a dos meses), puesto que, el glifosato, al presentar cadenas carbonadas, se adhiere al suelo, dándole mayor complejidad de soporte para la retención de humedad ambiental, lo que favorece significativamente la degradación de nutrientes, que eventualmente se transforman en sustrato para las plantas y el suelo, no obstante, Shaxson & Barber, (2008) explica que a largo plazo (más de tres meses) la humedad decae considerablemente, puesto que de no haber presencia de materia orgánica, la humedad se libera debido a la falta de retención, ya sea por la erosión del suelo, la reducción de la porosidad o la escorrentía superficial por compactación.

En relación a ello, se estima que la humedad no representa un parámetro de importancia respecto a la retención de humedad a corto plazo, puesto que existen factores que contribuyen a su mejoramiento, sin embargo, debe ser tratada, puesto que puede conllevar a afectaciones graves si no se hace una intervención después de la contaminación.

Porosidad: Respecto a porosidad Vázquez & Loli, (2018) afirman que, al ser una propiedad física, el cambio se puede evidenciar pasado 2 meses después del proceso de contaminación, puesto que la porosidad depende de las densidades del suelo, las cuales, a su vez, dependen del peso de las partículas de suelo, los agregados adheridos a la materia

orgánica y la interacción microbiológica existente, es decir, aun cuando la actividad metabólica se detenga, debe transcurrir un periodo para que los efectos se puedan notar, esto se confirma con lo encontrado por Ruiz y Sarli (2016) quienes encontraron cambios en las densidades y la porosidad del suelo después a los tres meses después de la aplicación del agente contaminante, explicando que al no contar con materia orgánica, la microbiota se desplaza, reduciendo la formación de humus en el suelo, minimizando los espacios porosos, así como la aireación y la retención de agua. Es decir, la porosidad como propiedad es muy importante, y debe ser tratada de forma rápida, para evitar los efectos primarios después de la afectación de esta.



## 8. Análisis Financiero

Tabla 4. Presupuesto

Rubros	Universidad ECCI		Otra		Total	
	Especie	Dinero	Especie	Dinero	Especie	Dinero
Personal	3,648,000	0	140,000	0	3,788,000	0
Equipos	1,546,381	0	0	0	1,546,381	0
Z <Insumos	0	0	0	1,200,000	0	1,200,000
Bibliografía	120,000	0	0		120,000	
Eventos	0	0	0	0	0	0
Académicos						
Publicaciones	0	0	0	0	0	0
Software	0	0	0	0	0	0
Total				\$ 6,654,381		

Fuente: La autora 2022

## 9. Conclusiones

En Colombia es necesario promover el estudio de los efectos del glifosato, debido a que una problemática social que hasta la fecha ha tocado en diferentes escenarios de conflictos sociales y políticos.

Los trabajos con metodología científica que se haya realizado por diferentes profesionales, deben ser publicadas, teniendo en consideración los derechos de autor, de tal manera que el público en general pueda acceder a dicha información.

Aunque la presente investigación se centró en el efecto del glifosato en el suelo, de determino que los seres vivos pertenecientes al reino hongo, monera y animal, también se ven afectados significativamente por la acción del herbicida.

El programa de erradicación de cultivos ilícitos debe replantearse, de tal manera que el uso del glifosato sea controlado con un margen de afectaciones mínimo a poblaciones vegetales o animales, dado que se demostró que este contaminante genera impactos negativos en todas sus formas de acción.

## 10. Recomendaciones o propuestas de solución

Se recomienda ampliar el rango de años para la selección de documentos estudiados.

Se recomienda utilizar diferentes bases de datos a las mencionadas en el presente estudio.

Se recomienda buscar información sobre efectos del glifosato en humanos o demás elementos del ecosistema

### Actividades metodológicas:

A continuación, se en la tabla se presentan las actividades metodológicas propuestas para el cumplimiento de los objetivos específicos.

Tabla 5. Actividades metodológicas propuestas con los resultados esperados

Objetivos específicos	Actividades metodológicas	Resultados esperados.
Establecer la composición, dosificación del glifosato como herbicida y los efectos producidos en el suelo debido a su aplicación, mediante indicadores cuantitativos, empleando la base de datos Scopus y web science	Búsqueda, selección y revisión de artículos científicos mediante el uso de palabras clave, estableciendo una ecuación de búsqueda que permita establecer información clara con referencias.	Documentos como libros, artículos científicos, anexos de revistas, etc. Seleccionados.
Identificar las variaciones en la propiedades fisicoquímicas y biológicas de suelo andisoles	Realizar los respectivos estudios de la información recolectada, considerando cualidades de los	Delimitar los artículos científicos seleccionados, de tal manera que permita reorganizar por categorías

---

contaminado por la aspersión de artículos científicos, tales como: cada uno de ellos.

glifosato, mediante indicadores metodologías, indicadores, país de

cienciométricos, empleando la origen, año de publicación y

base de datos Scopus y web resultados.

science

Cuantificar las documentaciones

bibliográficas encontradas, de tal

manera que permita mediar de

forma estadística el avance

investigativo

Organizar estadísticamente los

documentos, considerando los

parámetros fijados para su

selección

Graficas circulares que permitan

visualizar de forma clara la

separación de la información de

acuerdo a los parámetros de

búsqueda cumplidos.

Informe final de trabajo de grado.

---

Fuente: La autora 2022

## Bibliografía

- ANLA. (2001). *Resolución 1065*. Santafe de Bogotá.
- ANLA. (2015). *Resolución 1214 de 2015*. Santafe de Bogotá.
- Anon. (2009). *Report of the standing scientific committee to the department of communications, energy and natural resources*. Obtenido de [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=854738](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=854738)
- Araújo, J., & Arencibia, R. (2002). *Informetría, bibliometría y cienciometría: aspectos teórico prácticos*. *Revista ACIMED*, 10(4), 5–6. Retrieved from.
- Ávila Pedraza, E. (2005). *Los suelos de Colombia y sus estadísticas más recientes*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=29015>
- Batis, B., Perea, Y., Fonseca, R., García, Y., & Suárez, E. (2020). *Propiedades químicas del suelo en cuatro fincas de la agricultura suburbana en Santiago de Cuba*. *Agrisost*, p 26. Santiago de Cuba.
- Benítez, L. (2012). *Plaguicidas y efectos sobre la salud humana: un estado de arte*. *Revisión bibliográfica*. Obtenido de <http://www.serpajpy.org/wp-content/uploads/2014/03/Plaguicidas-y-efectos-sobre-la-salud-humana1.pdf>
- Bórtoli, P., Verdenelli, R., & Conforto, C. (2012). *Efectos del herbicida glifosato sobre la estructura y el funcionamiento de comunidades microbianas de dos suelos de plantaciones de olivo*. *Ecología austral*, p 22.
- Bórtoli, P., Verdenelli, R., & Conforto, C. (2012). *Efectos del herbicida glifosato sobre la estructura y el funcionamiento de comunidades microbianas de dos suelos de*

*plantaciones de olivo. Ecología austral, p 22.*

Bozzo de Brum. (2010). *Persistencia del glifosato y efecto de sucesivas aplicaciones en el cultivo de soja en agricultura continúa en siembra directa sobre parámetros biológicos del suelo.* . Obtenido de Universidad de la Republica Montevideo. : <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/4107/1/uy24-14618.pdf>

Burger, M., & Fernández, S. (2004). *Exposición al herbicida glifosato: aspectos clínicos toxicológicos.* . Obtenido de https://www.unl.edu.ar/vinculacion/informe-sobre-la-toxicidad-del-glifosato/http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\_arttext&

Calderón, M., Quintana, A., López, M., Hermosín, & Cornejo , J. (2005). *Estudio preliminar sobre el comportamiento del herbicida glifosato en dos suelos de Extremadura.* Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Juan\\_Cornejo3/publication/228546181\\_ESTUDIO\\_PRELIMINAR\\_SOBRE\\_EL\\_COMPORTAMIENTO\\_DEL\\_HERBICIDA\\_GLIFOSATO\\_EN\\_DOS\\_SUELOS\\_DE\\_EXTREMADURA/links/0c9605177890646264000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Juan_Cornejo3/publication/228546181_ESTUDIO_PRELIMINAR_SOBRE_EL_COMPORTAMIENTO_DEL_HERBICIDA_GLIFOSATO_EN_DOS_SUELOS_DE_EXTREMADURA/links/0c9605177890646264000000.pdf)

CONACYT. (2019). *Monografía sobre el glifosato.* Obtenido de [www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/MONOGRAFIA\\_SOBRE\\_GLIFOSATO\\_19.pdf](http://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/MONOGRAFIA_SOBRE_GLIFOSATO_19.pdf)

Congreso de Colombia. (1974). *Decreto 2811 de 1974.* Santafe de Bogotá.

Congreso de Colombia. (1991). *Ley 80 de 1991.* Santafe de Bogotá.

Congreso de Colombia. (1997). *Ley 388 de 1997.* Santafe de Bogotá.

Congreso de Colombia. (2003). *Resolución 99 del 31 de enero de 2003.* Santafe de Bogotá.

Cuevas, B., & Seguel, S. (2006). *Efectos de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades*

*físicas del suelo con especial referencias a la adición de lodos urbanos. Rev. Cien. Suelo Nutr. Veg. 6(2):1 – 12.*

EcuRed. (2014). *Cienciometria*. Retrieved March 18, 2019, from.

Fajardo, Abahonza, & Benavides . (2021). *Remediación de suelos degradados con glifosato a partir de enmiendas orgánicas a escala laboratorio.*

FAO. (2002). *Agricultura mundial hacia los años 2015-2030 informe resumido FAO.*

Obtenido de (<http://www.fao.org/3/a-y3557s.pdf>)

Guadagnini, R. (2016). *PAN Reino Unido. Glyphosate*. Obtenido de <http://pan-international.org/wp-content/uploads/Glyphosate-monograph.pdf>

Lyssimachou, A. (2016). *PAN Europa Glyphosate*. Obtenido de <http://pan-international.org/wp-content/uploads/Glyphosate-monograph.pdf>

Macías, C. (2001). *Papel de la informetría y de la ciencia y su perspectiva nacional e internacional.*

Mañas, F. (2010). *Genotoxicidad de Glifosato y su principal metabolito AMPA.*

*Cuantificado por los ensayos de aberraciones cromosómicas, micronúcleos y cometa.* Obtenido de [www.globalizate.org](http://www.globalizate.org) (Ene-10).

Marquez, E. (2016). *PAN América del Norte). Glyphosate*. Obtenido de <http://pan-international.org/wp-content/uploads/Glyphosate-monograph.pdf>

MarshallX, E., Solomon, K., & Carrasquilla. (2021). *Los adyuvantes del glifosato afectan el control de la coca (Erythroxylum coca).*

Menza, H., & Salazar, L. (2013). *Estudios de resistencia al glifosato en tres arvenses de la zona cafetera colombiana y alternativas para su manejo. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).*

Meriel Watts. (2016). *Glyphosate*. Obtenido de <http://pan-international.org/wp->

content/uploads/Glyphosate-monograph.pdf

Minambiente. (1993). *Ley General Ambiental de Colombia.LEY 99 DE 1993*. Santafe de Bogotá.

Nivia. (2000). *Las fumigaciones aéreas sobre cultivos ilícitos sí son peligrosas*. Obtenido de

[http://www.mamacoca.org/feb2002/art\\_nivia\\_fumigaciones\\_si\\_son\\_peligrosas\\_es.html](http://www.mamacoca.org/feb2002/art_nivia_fumigaciones_si_son_peligrosas_es.html)

Ramírez, J., & Lacasaña, M. (2001). *Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. vol; 4(2):67-75*.

Restrepo, J. (2007). *El A,B,C, de la agricultura orgánica y harina de rocas. (Primera Edición ed.). Managua, Nicaragua*.

Rivera, A., & Carbone, R. (2020). *Efecto del glifosato sobre la microbiota, calidad del suelo y cultivo de frijol biofortificado en el departamento del cesar, colombia*.

Obtenido de [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754119300252](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754119300252)

Rubenacker, A. (2004). *Recuperación química de un suelo degradado mediante la utilización de un vermicomposto*.

Ruiz, H., & Sarli, G. (2016). *La superficie específica de oxisoles y su relación con la retención hídrica*.

Salazar , N., & Aldana , M. (2011). *Herbicida glifosato: usos, toxicidad y regulación*.

*Biocencia I XIII (2): 23-28*. Obtenido de [http://www.biocencia.uson.](http://www.biocencia.uson.mx/revistas/articulos/16-BI0-11-DPA-04.pdf)

[mx/revistas/articulos/16-BI0-11-DPA-04.pdf](http://www.biocencia.uson.mx/revistas/articulos/16-BI0-11-DPA-04.pdf).

Sánchez Espinosa. (2015). *Procesos específicos de formación en andisoles, alfisoles y ultisoles en colombia*. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/1492/149240052008.pdf>



- Schütte, G. (2016). *PAN Alemania Glyphosate. Glyphosate*. Obtenido de <http://pan-international.org/wp-content/uploads/Glyphosate-monograph.pdf>
- Semana. (2019). *Impacto*. Obtenido de <https://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/un-gobierno-sensato-decidiria-mantener-prohibido-el-glifosato-gobernador-de-narino/44983>
- Shaxson, F., & Barber, R. (2008). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal-El significado de la porosidad del suelo (Vol. 79). Food & Agriculture Org.*
- Silva, B. (2018). *Biorremediación de suelo contaminado por hidrocarburos en un predio ubicado en la localidad de Fontibón*. Bogota.
- Solomon, K., Anadón, A., Cerdeira, A., Marshall, J., & Sanín, L. (2005). *Estudio de los efectos del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante la aspersión aérea con el herbicida Glifosato (PECIG) y de los cultivos ilícitos en la salu.*
- Takahashi, T., & Shoji, S. (2002). *Distribution and Classification of Volcanic Ash Soils. Global Environmental Research. 6(2), pp. 83-98 Volcanic Ashes and Cheir Soils. AIRIES, Japan*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/228852848\\_Distribution\\_and\\_class](https://www.researchgate.net/publication/228852848_Distribution_and_class)
- Tortosa, G. (2013). *Calidad física y química del compost*.
- Universidad Nacional del Litoral. (2010). *Informe acerca del grado de toxicidad del glifosato*. Obtenido de <https://www.unl.edu.ar/vinculacion/informe-sobre-la-toxicidad-del-glifosato/>
- Varona, M., Henao, G., Díaz, S., Lancheros, A., Murcia, A., Rodríguez, N., & Álvarez, V. (2009). *Murcia, Á., Rodríguez, N., & Álvarez, V. H. (2009). Evaluación de los efectos del glifosato y otros plaguicidas en la salud humana en zonas objeto del*

*programa de erradicación de cultivos ilícitos. Bioméd.*

Vázquez, J., & Loli, O. (2018). *Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de Gypsophila paniculata. Scientia Agropecuaria, 9(1), 43-52.*

Williams, G., Aardema, M., Acquavella, J., Berry, S., Brusick, D., Burns, M., & Weed, D. (2016). *Una revisión del potencial carcinogénico del glifosato por parte de cuatro paneles de expertos independientes y una comparación con la evaluación de la IA.*

Yu, & Zhou. (2005). *Adsorption characteristics of pesticides methamidophos and glyphosate by two soils.* Obtenido de [https://www.fao.org/soilsportal/soilsurvey/clasificaciondesuelos/sistemasnumericos/propiedadesquimicas/es/#:~:text=El%20valor%20del%20pH%20en,%2C5%20\(mu](https://www.fao.org/soilsportal/soilsurvey/clasificaciondesuelos/sistemasnumericos/propiedadesquimicas/es/#:~:text=El%20valor%20del%20pH%20en,%2C5%20(mu)

## Lista de tablas

Tabla 1. Normativa vigente sobre uso del glifosato en Colombia .....	29
Tabla 2. Parámetros de medición para la cuantificación de la información.....	32
Tabla 3. Cronograma de actividades .....	35
Tabla 4. Presupuesto.....	41
Tabla 5. Actividades metodológicas propuestas con los resultados esperados .....	43

## Lista de gráficos

Gráfico 1. Año de publicación de los diferentes documentos revisados .....	34
Gráfico 2. País de origen de los documentos seleccionados .....	34
Gráfico 3. Tipo de impacto determinado en los diferentes documentos estudiados .....	35

Lista de figuras

Figura 1. Estructura Molecular del Glifosato Acido-N- fosfometil-glicina ..... 26