



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**FITORREMEDIACIÓN DE UN SUELO CONTAMINADO
POR GLIFOSATO MEDIANTE EL USO DE DOS ESPECIES
DE PLANTAS LEGUMINOSAS EN LA PROVINCIA DEL
AZUAY**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

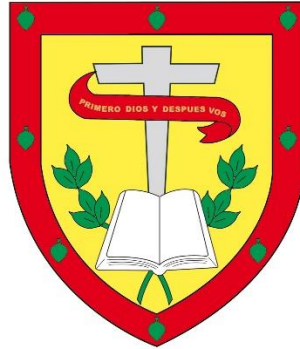
AUTOR: AMANDA MIREYA GUTIÉRREZ CONTRERAS

DIRECTOR: BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA

CUENCA-ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**FITORREMEDIACIÓN DE UN SUELO CONTAMINADO POR
GLIFOSATO MEDIANTE EL USO DE DOS ESPECIES DE
PLANTAS LEGUMINOSAS EN LA PROVINCIA DEL AZUAY.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: AMANDA MIREYA GUTIÉRREZ CONTRERAS

DIRECTOR: BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA

CUENCA-ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Amanda Mireya Gutiérrez Contreras portadora de la cédula de ciudadanía N° **0106754245**
Declaro ser el autor de la obra: **“Fitorremediación de un suelo contaminado por glifosato mediante el uso de dos especies de plantas leguminosas en la provincia del Azuay.”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **21 de diciembre de 2022**



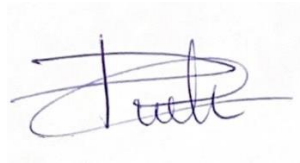
F:.....

Amanda Mireya Gutierrez Contreras.

0106754245

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Amanda Mireya Gutiérrez Contreras, bajo mi supervisión.



Blga. Paula Milena Cordero Cueva

DIRECTOR

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a mis hermanos quienes siempre estuvieron apoyándome en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres y a mis hermanos quienes me han brindado todo el apoyo necesario para completar esta etapa tan importante de mi vida y siempre estar presentes.

A la Universidad Católica de Cuenca y a todos los docentes que fueron los mejores guías en esta etapa académica brindando sus experiencias y conocimientos con gran honestidad y sabiduría, especialmente quiero agradecer a mi tutora la Bióloga Paula Cordero por su experiencia, paciencia y apoyo incondicional durante este proceso.

A todos mis familiares y amigos por estar siempre a mi lado en toda ocasión.

RESUMEN

Se realizó una experimentación ex situ de fitorremediación con *Medicago sativa* y *Pisum sativum* extrayendo un suelo de la parroquia San Joaquín de la ciudad de Cuenca que se contaminó con el herbicida glifosato. La investigación tiene como objetivo demostrar que tan efectivas son estas dos especies para la disminución de glifosato en el suelo. En primera instancia se realizaron análisis del suelo para determinar cuales eran los valores del contaminante, teniendo en cuenta que el límite de glifosato permisible en el suelo es de 0,1 mg/kg según el “Acuerdo ministerial 097-A” (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015). Partiendo desde allí se realizó la respectiva siembra de las especies en un suelo previamente contaminado con glifosato de lo cual se obtuvo un valor de 0,12 mg/kg para glifosato, 0,22 mg/kg para AMPA y 0,32 mg/kg para glufosinato en el suelo. Se tomaron muestras del suelo cultivado después de los tres meses de desarrollo de las plantas, en donde los resultados de la cantidad de glifosato en el suelo fueron de 0,16 mg/kg, 0,20 mg/kg para AMPA y 0,29 mg/kg para glufosinato en la alfalfa, en la arveja el glifosato fue de 0,10 mg/kg, 0,20 mg/kg en AMPA y 0,26 mg/kg en glufosinato y en el testigo el glifosato fue de 0,12 mg/kg, en AMPA fue de 0,21 mg/kg y en el glufosinato. Por lo tanto, la arveja fue la que mejor resultados de disminución del contaminante tuvo. Finalmente se evaluó la eficiencia de remoción del glifosato con respecto a cada especie de leguminosas en una escala de 0-1. Los resultados de disminución del herbicida fueron: - 0,33, 0,09 y 0,09 en la alfalfa. en la arveja 0,16, 0,09 y 0,18. En el testigo 0,04, 0,06 y 0.

Palabras clave: glifosato, fitorremediación, leguminosas, ex situ, suelo.

ABSTRACT

An ex-situ phytoremediation experiment with *Medicago sativa* and *Pisum sativum* was carried out extracting soil from the San Joaquin parish in the city of Cuenca that was contaminated with glyphosate herbicide. This research aims to prove how effective these two species reduce glyphosate in soils. First, soil analyses were made to determine the values of contaminants, taking into account that the permissible limit of glyphosate in the soil is 0.1 mg/kg according to the "Ministerial Agreement 097-A, 2015" (MAAE-Ministerial Agreement 097-A) 2015. Based on this, species were planted in soil previously contaminated with glyphosate, resulting in a value of 0.12 mg/kg, 0.22 mg/kg and 0.32 mg/kg in the soil. Samples were taken from the field soil after three months of plant growth, where the results of glyphosate in the soil were 0.16 mg/kg, 0,20 mg/kg and 0.29 mg/kg for alfalfa, 0.10 mg/kg, 0.20 mg/kg and 0.26 mg/kg for pea, and 0.12 mg/kg, 0.21 mg/kg and 0.3 mg/kg for the control group. Therefore, peas had the best results in terms of reducing the contaminant. Finally, the glyphosate removal efficiency was evaluated for each leguminous species in a scale of 0-1. The results of herbicide reduction were -0.33, 0.09 and 0.09 in alfalfa, 0.16, 0.09 and 0.18 in pea, and 0.06, 0.04 and 0 in the control group.

Keywords: glyphosate, phytoremediation, legumes, ex-situ, soil

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|--------------|
| <i>Declaratoria de Autoría y Responsabilidad</i> | <i>iii</i> |
| CERTIFICACIÓN | IV |
| DEDICATORIA | V |
| AGRADECIMIENTOS | VI |
| RESUMEN | VII |
| ABSTRACT | viii |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | ix |
| LISTA DE FIGURAS | xi |
| LISTA DE TABLAS | xii |
| LISTA DE FÓRMULAS | xiii |
| LISTA DE ANEXOS | xiv |
| LISTA DE IMÁGENES | xv |
| CAPÍTULO I | - 1 - |
| 1 INTRODUCCIÓN | - 1 - |
| 1.1 OBJETIVOS | - 4 - |
| 1.1.1 General. | - 4 - |
| 1.1.2 Específicos. | - 4 - |
| CAPÍTULO II | - 5 - |
| 2 REVISIÓN DE LITERATURA | - 5 - |
| 2.1 Suelo | - 5 - |
| 2.1.1 Calidad del suelo | - 5 - |
| 2.1.2 Parámetros físicos del suelo | - 5 - |
| 2.1.3 Parámetros químicos del suelo | - 6 - |
| 2.1.4 Parámetros biológicos del suelo | - 6 - |
| 2.1.5 Contaminación del suelo | - 6 - |
| 2.1.6 Contaminación por actividades agrícolas | - 6 - |
| 2.1.7 Contaminación del suelo por organoclorados y organofósforados (Glifosato) | - 6 - |
| 2.2 Pesticidas | - 7 - |
| 2.2.1 Insecticidas | - 7 - |
| 2.2.2 Fungicidas | - 7 - |
| 2.2.3 Molusquicidas | - 8 - |
| 2.2.4 Fitorreguladores | - 8 - |
| 2.2.5 Herbicidas | - 8 - |
| 2.3 Glifosato | - 9 - |
| 2.3.1 Historia del glifosato | - 9 - |
| 2.3.2 Modo de acción | - 10 - |

| | | |
|-----------------------------------|--|---------------|
| 2.3.3 | Degradación del glifosato | - 10 - |
| 2.3.4 | Efectos del glifosato en el suelo | - 11 - |
| 2.3.5 | Efectos del glifosato en las plantas | - 11 - |
| 2.3.6 | Efectos del glifosato en la salud | - 11 - |
| 2.4 | Biorremediación | - 12 - |
| 2.4.1 | Tipos de biorremediación | - 13 - |
| 2.4.2 | Plantas fitorremediadoras | - 14 - |
| CAPÍTULO III | | - 17 - |
| 3 MATERIALES Y MÉTODOS | | - 17 - |
| 3.1 | Desarrollo Metodológico | - 17 - |
| 3.2 | Materiales | - 18 - |
| 3.3 | Diseño experimental | - 18 - |
| 3.3.1 | Caracterización del suelo | - 19 - |
| 3.3.2 | Contaminación del suelo para la experimentación | - 19 - |
| 3.3.3 | Siembra de Medicago sativa y Pisum sativum | - 20 - |
| 3.4 | Toma de muestras | - 23 - |
| 3.5 | Identificación del grado de contaminación del suelo mediante el método de cromatografía de gases | - 24 - |
| 3.6 | Efificencia de remoción de glifosato | - 24 - |
| CAPÍTULO IV | | - 26 - |
| 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | - 26 - |
| 4.1 | Análisis del suelo de la experimentación | - 26 - |
| 4.2 | Resultados post siembra | - 27 - |
| 4.3 | Análisis final de resultados | - 29 - |
| 4.4 | Fórmula de la eficiencia | - 30 - |
| CAPÍTULO V | | - 31 - |
| 5 CONCLUSIONES | | - 31 - |
| CAPÍTULO VI | | - 33 - |
| 6 RECOMENDACIONES | | - 33 - |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | - 34 - |
| 7 ANEXOS | | - 40 - |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|--------|
| Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología utilizada en la investigación. | - 17 - |
| Figura 2. Recolección del suelo de la Parroquia San Joaquin..... | - 19 - |
| Figura 3. Orden de siembra de las plantas | - 21 - |
| Figura 4. Siembra de Medicago Sativa y Pisum Sativum. | - 22 - |
| Figura 5. Pisum sativum y Medicago sativa, dos meses de crecimiento. | - 23 - |
| Figura 6. Cuadro comparativo de glifosato en el suelo post siembra | - 29 - |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|--------|
| Tabla 1. <i>Tratamientos aplicados en la experimentación.</i> | - 18 - |
| Tabla 2. <i>Resultados de la contaminación inicial del suelo.</i> | - 20 - |
| Tabla 3. <i>Valores máximos permitidos de organofosforados en el suelo.</i> | - 22 - |
| Tabla 4. <i>Límite de cuantificación de glifosato en el suelo (Agro Control).</i> | - 22 - |
| Tabla 5. <i>Resultados del análisis del suelo de la experimentación.</i> | - 26 - |
| Tabla 6. <i>Análisis de suelo con Medicago sativa.</i> | - 27 - |
| Tabla 7. <i>Análisis del suelo con Pisum sativum.</i> | - 27 - |
| Tabla 8. <i>Análisis del Testigo</i> | - 28 - |
| Tabla 9. <i>Tabla de todos los resultados obtenidos durante la experimentación.</i> | - 29 - |

LISTA DE FÓRMULAS

Ecuación 1. Fórmula de la eficiencia - 24 -

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|--------|
| Anexo 1. <i>Fotografías</i> | - 40 - |
| Anexo 2. <i>Límite de cuantificación de glifosato en el suelo (Agro Control)</i> | - 47 - |
| Anexo 3. <i>Resultados de los análisis del suelo contaminado</i> | - 48 - |

LISTA DE IMÁGENES

| | |
|---|--------|
| Imagen 1. Toma de muestras de suelo de la Parroquia San Joaquin | - 40 - |
| Imagen 2. Recolección de tierra de la parroquia San Joaqui para la experimentación. | - 40 - |
| Imagen 3. Herbicida Glifosato | - 41 - |
| Imagen 4. Macetas de 12cmx15cm..... | - 41 - |
| Imagen 5. Preparación para la fumigación con glifosato. | - 41 - |
| Imagen 6. Siembra de plantas para la experimentación. | - 42 - |
| Imagen 7. Medicago sativa y Pisum sativum. | - 42 - |
| Imagen 8. Medicago sativa y Pisum sativum de dos meses de crecimiento. | - 43 - |
| Imagen 9. Pisum sativum de dos meses de crecimiento. | - 43 - |
| Imagen 10. Medicago sativa de dos meses de crecimiento..... | - 44 - |
| Imagen 11. Insertación de anclajes para Pisum sativum. | - 44 - |
| Imagen 12. Pisum sativum y Medicago sativa de tres meses de desarrollo..... | - 45 - |
| Imagen 13. Medicago sativa de tres meses de desarrollo. | - 45 - |
| Imagen 14. Medicago sativa de tres meses de desarrollo. | - 46 - |
| Imagen 15. Pisum sativum de tres meses de desarrollo..... | - 46 - |
| Imagen 16. Análisis del suelo de la parroquia San Joaquin..... | - 48 - |
| Imagen 17. Análisis de la muestra de suelo contaminado para la experimentación. | - 49 - |
| Imagen 18. Análisis de Pisum sativum después de la experimentación..... | - 50 - |
| Imagen 19. Análisis de Medicago sativa después de la experimentación. | - 51 - |
| Imagen 20. Análisis del testigo después de la experimentación..... | - 52 - |

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

El suelo es la principal capa externa de la tierra, es en donde la vegetación crece y se desarrolla. Este provee los respectivos nutrientes necesarios y fundamentales para un correcto crecimiento de la vegetación, al mismo tiempo es el que almacena el agua de las lluvias, misma que sirve para las plantas. Los minerales son los principales componentes del suelo y están formados por partículas que tienen una variación desde minúsculas partículas hasta diminutas piedras que no son posibles divisar con un microscopio de uso normal (INIA, 2015). El suelo está en estado de contaminación cuando hay la existencia de partículas, elementos o materiales, líquidos o sólidos, ajenos a la composición natural de este, y que deterioran la superficie terrestre afectando a sus funciones. En 1992 en la Cumbre de Río, se le dio una mayor importancia en cuanto al cuidado de los suelos y de su uso para cumplir con un crecimiento sostenible (Aldas, 2012).

El uso excesivo de pesticidas para eliminar hierbas malas del suelo es uno de los problemas ambientales con más relevancia en los últimos años, ya que perturba las condiciones normales y propias que tienen los ecosistemas, provoca la desaparición de organismos propios del suelo, cambia el relieve, contamina aguas subterráneas, etc (Rodríguez, McLaughlin, & Pennock, 2019); estas sustancias son usadas para la eliminación de plagas en cultivos. La aplicación de químicos en los cultivos antes del tiempo de cosecha implica que las plantas los absorban directamente, provocando desequilibrios en la biota del suelo que no favorecen al correcto desarrollo de la producción agrícola (Maiti & Bidinger, 1981).

Las actividades: agrícolas, industriales, mineras, forestales, petroleras, etc, son las principales causantes del daño en los suelos y de su disminución de fertilidad para la siembra de plantas de consumo alimenticio. El suelo contaminado es de riesgo tanto para los seres humanos como para la naturaleza. Existen medidas regulatorias que controlan el uso de químicos en los suelos, precisamente porque se vela por el bienestar de las personas al consumir los productos agrícolas. El uso de pesticidas en el suelo para los cultivos es necesario para combatir las plagas ya sean: insectos, hierbas, pájaros, microbios, para evitar enfermedades en las plantas y a su vez permite un correcto desarrollo y crecimiento en las mismas (Ortega & Mejía, 2014).

El glifosato se introdujo en el país en la década de los 80, fue introducido como una alternativa de uso ya que otros herbicidas más tóxicos fueron restringidos, hoy en día este herbicida es el más usado en el país. En el Ecuador no existe mucha información a cerca de los componentes del glifosato como en otros países. En el mercado ecuatoriano hay alrededor de diez marcas que comercializan al glifosato, unos son envasados en el país con materia prima de otro país y otros son importados. En la actualidad existen muchas restricciones para el uso de otros herbicidas, por esta razón el glifosato es el comúnmente más usado hoy en día y esto genera un riesgo alto para el desarrollo de biotipos de maleza con niveles variados de tolerancia o resistencia y por esta misma

razón se disminuyen los niveles de eficacia. El consumo estimado de glifosato en el país es posterior a los cuatro millones de litros anuales, pero en los cultivos que más se usa este herbicida es en la palma africana, banano y cacao (Gonzalez, 2013).

La eficacia del glifosato, ha impulsado a que más agricultores lo usen de forma constante. Se han observado después de varias dosis de aplicación del herbicida que hay un nivel de tolerancia hacia el producto, lo que ha llevado a aplicar más dosis para combatir las malezas. Al mantenerse este compuesto en el suelo es una amenaza para la salud humana ya que puede ser translocado a las plantas cultivadas en los suelos con residuos de glifosato, causando daños en la salud de las personas que consumen los alimentos con residuos de dicho compuesto. Hay varios casos que no han sido documentados en el país, los que han llevado a la hipótesis de que se está creando una resistencia de las malezas hacia el herbicida. El uso constante de herbicidas ha traído consecuencias y cambios en la flora, ya que ha aumentado la presencia de *Vigna Vexillata* (Frijol chico) y *Chamaecysse hyssoipifolia* (Chupona) (Peñaherrera, 2013).

El glifosato es el principal pesticida más usado en todo el mundo, desde el principio ha tenido una gran acogida por su uso como herbicida, por su efectividad y versatilidad, su demanda fue en aumento a mediados de la década de los 90 (Massot, 2018); en la actualidad los suelos se ven gravemente afectados por el excesivo uso de este compuesto, ya que de la misma forma que es altamente efectivo también es altamente contaminante, al ser usado en exceso se va acumulando en los suelos y así pierde capacidad de producción agrícola. A nivel mundial la agricultura ha ido creciendo expansivamente y la regulación de malezas, enfermedades y plagas han aumentado. En los 50 años recientes en el siglo XX y el siglo XXI son caracterizados por una gran dependencia con respecto a los agroquímicos como elementos fundamentales para la regulación de enfermedades de carácter agronómico y de plagas (Villalva, 2009).

El glifosato pertenece a los organofosforados y como se menciona en el "Acuerdo ministerial 097-A", el mayor límite que se tolera para organofosforados en el suelo es de 0,1 mg/kg, lo que significa que valores posteriores a esto presentes en el suelo son contaminantes para el mismo. En el año 2015 la OMS nombró al glifosato como "posiblemente cancerígeno para las personas", se basaron en una prueba que es fuerte para los animales. Los principales grupos de riesgo son los seres humanos que trabajan en agricultura, sus familias, sus bebés, ya que están más expuestos; para las personas que no se encuentran expuestas directamente, el riesgo radica en los alimentos consumidos con residuos del herbicida glifosato (Greenpeace, 2018). Según la "Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos" (EPA) menciona que el glifosato se encuentra en un grupo de toxicidad de clase II, lo que significa toxicidad aguda dérmica y oral relativamente baja (Arciniegas, 2021).

En la parroquia San Joaquin de la provincia del Azuay el herbicida más usado es el glifosato, comercialmente conocido como Ranger, se usa para matar las malezas. San Joaquin es la principal

parroquia de la ciudad de Cuenca que se dedica a la producción agrícola ya que es la que abastece a la mayoría de la ciudad con alimentos, al ser un lugar de gran producción alimentaria existe el uso de químicos para combatir las plagas y evitar que los cultivos se vean afectados y no culminen su crecimiento y desarrollo de manera inadecuada (Gualpa, 2017). La parroquia cuenta con un suelo con gran potencial de producción agrícola, casi todos los agricultores del sector no tienen mucho conocimiento de las consecuencias que tiene el excesivo uso de los químicos en el suelo (Izquierdo, 2017). Por tal motivo, la presente investigación desarrolló una experimentación de fitorremediación de un suelo previamente contaminado por glifosato mediante el uso de dos tipos de plantas leguminosas (*Medicago sativa* y *Pisum sativum*), de las cuales se analizó la capacidad de cada una para la remoción de tóxicos en el suelo.

Hoy en día existen varios métodos de remediación de suelos, mismos que tienen como objetivo reducir o eliminar las sustancias contaminantes por medio de acciones: físicas, químicas o biológicas. Los tipos de remediación se clasifican según: el objetivo, según el lugar de aplicación, el tipo de tratamiento y según el grado de desarrollo. La fitorremediación consiste en la transferencia, concentración y estabilización de los químicos que están presentes en la tierra mediante el uso de especies vegetales y su aplicación puede ser in situ o ex situ (Candia, 2019). Para la fitorremediación, las plantas que se usaron fueron dos tipos de leguminosas, ya que estas poseen una gran capacidad para acumular contaminantes, por lo tanto estas plantas al ser fijadoras de nitrógeno en el suelo se las denomina hiperacumuladoras. Una de las ventajas de la fitorremediación es que es un proceso rápido y se puede realizar en cortos períodos.

Según menciona Paredes & Rodríguez, (2020) en su investigación realizada, el principal objetivo fue remover metales pesados del suelo mediante el uso de "*Urtica Urens L*" en el distrito de Huamachuco, Sanchez Carrión, La libertad, Perú. Esta investigación se desarrollo por un periodo de un mes, se realizaron tres tratamientos, cada uno con tres plantas, de los cuales el primer tratamiento fue el que más efecto tuvo para la remoción de mercurio, arsénico y plomo.

Otros estudios indican que el "altramuz" o más conocido como Chocho (*Lupinus mutabilis*) es eficiente en la eliminación de Cd, ya que la planta logra acumular gran cantidad de dicho contaminante dentro de ella (Rodríguez et al., 2019). Por otra parte, en Buenos Aires se realizó una experimentación de rizerremediación de glifosato en un suelo que fue explotado de manera agrícola, se aplicaron varias dosis de glifosato en el suelo con plantas de *Lotus Corniculatus* (Trébol criollo), *Lotus Tenuis* (Semillas Picasso), *Medicago Sativa* (Alfalfa) y *Lolium Multiflorum* (Pasto inglés), los resultados arrojaron que la producción de biomasa bajó en las especies *Medicago Sativa* y *Lolium Multiflorum*, por el contrario, *Lotus Tenuis* y *Lotus Corniculatus* incrementaron su masa frente a las dosis aplicadas de glifosato en el suelo (Massot, 2018).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 General.

- Evaluar el efecto de dos plantas leguminosas (*Medicago Sativa* y *Pisum Sativum*) en la remoción del herbicida glifosato en un suelo de la parroquia San Joaquín mediante la evaluación experimental con la finalidad de conocer la capacidad de remoción del contaminante.

1.1.2 Específicos.

- Contaminar con glifosato una muestra de suelo obtenido de la parroquia San Joaquín con una dosis conocida del mismo para establecer condiciones iniciales de experimentación.
- Realizar una experimentación de la remediación con *Pisum sativum* (arveja) y *Medicago sativa* (alfalfa) en un suelo contaminado con glifosato.
- Evaluar la eficiencia de la remoción de glifosato de cada especie de leguminosa.

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Suelo

El suelo forma parte muy importante del ambiente, porque se lo califica como un bien natural que no se renueva, su creación toma varios años, es una combinación entre materia orgánica, minerales, agua y aire, estos se forman a partir de la temperatura. El suelo tiene textura porosa, está conformado por partículas sólidas con tamaño variable, un método ordenado, discontinuo y heterogéneo, primordial y que no se puede reemplazar, que está constituido empezando por una combinación de compuestos orgánicos, nutrientes y minerales que son aptos para llevar de manera correcta el desarrollo y crecimiento de los microorganismos (Izquierdo, 2017). El suelo influye en la producción de biomasa, degradación de componentes orgánicos, reaprovechamiento de nutrientes, regulación de la calidad del aire, depuración del agua, detoxificación de contaminantes y es hábitat para una cantidad grande de organismos (Bernal, 2014). El sustrato de crecimiento es el que se encarga de proporcionar a las plantas agua, aire, minerales, nutrientes y soporte físico durante el tiempo de desarrollo de las plantas (Buamscha & Escobar, 2012). En el suelo se encuentra básicamente toda la vida vegetal que alimenta a los seres vivos, a su vez es un soporte físico para los grupos humanos y mantiene los recursos naturales y su materia prima. El suelo es muy importante también para el crecimiento de las actividades económicas como: la ganadería y agricultura, las cuales alimentan a la mayoría de la población. El suelo es finito, es decir, es un recurso limitado, es muy importante su cuidado y protección para la preservación de generaciones futuras.

2.1.1 Calidad del suelo

Una buena calidad del suelo se interpreta como la capacidad del mismo para un objetivo en específico en un rango de tiempo. Propiedades dinámicas del suelo tales como la biodiversidad, el contenido de materia orgánica e incluso la producción microbiana, determinan un buen estado del suelo. Ya que existe la inquietud por la pérdida de la calidad del suelo; el suelo es un sustrato primordial para las plantas que emite y guarda agua. Para Nishioka & Hattori (2007) la estabilidad del suelo es una técnica para la medición de la capacidad de marchar adecuadamente con respecto a varios usos.

2.1.2 Parámetros físicos del suelo

El suelo es la capa exterior de la corteza terrestre, abarca todos los nutrientes y condiciones óptimas para que se desarrollen de manera correcta los microorganismos y plantas, es uno de los recursos naturales indispensables para el hombre. Los principales parámetros son: textura del suelo, color del suelo, porosidad del suelo, densidad del suelo,

2.1.3 Parámetros químicos del suelo

Los parámetros químicos del suelo son los indicadores de la calidad, los que hacen que el suelo se encuentre en un estado apto o no apto para desarrollar cualquier tipo de actividad de forma correcta y viable, es decir, pH, salinidad, intercambio catiónico, temperatura, carbono orgánico, nitrógeno, entre otros.

2.1.4 Parámetros biológicos del suelo

Son aquellos que permiten ver los componentes vivos del suelo. Los parámetros biológicos se relacionan con las funciones del suelo y se usan para evaluar la calidad del mismo.

2.1.5 Contaminación del suelo

La contaminación del suelo puede ser de forma natural o antrópica, la contaminación natural se da por el cambio de los minerales que están en el suelo y la contaminación antrópica es la introducción de elementos distintos al sistema del suelo, como: plaguicidas y metales pesados; cuando el suelo está contaminado se debe a que ha perdido su capacidad de amortiguación ya sea para varias o una sola sustancia y de igual forma se cambian los equilibrios biogeoquímicos y empiezan a aparecer cantidades anormales de componentes que generan modificaciones de gran importancia en las cualidades, químicas, físicas o biológicas del suelo, (Crosara, 2010). El suelo se encuentra contaminado cuando hay una o varias sustancias químicas o sintéticas, también cuando hay otros tipos de alteraciones naturales o antrópicas en el medio (Ortega & Mejía, 2014).

2.1.6 Contaminación por actividades agrícolas

En las actividades agrícolas existen productos agroquímicos tales como los plaguicidas y fertilizantes, los metales traza contenidos en los agroquímicos como Cu (Cobre), Cd (Cadmio), Pb (plomo) y Hg (Mercurio) se los considera contaminantes del suelo ya que perjudican el metabolismo de las plantas y reducen la capacidad productiva del suelo. Las fuentes de agua usadas para regar las plantas también pueden ser contaminantes del suelo si se concentran en aguas con residuos urbanos, industriales o agrícolas. La presencia de mucho Nitrógeno y de metales pesados es una amenaza para la seguridad alimentaria (Rodríguez et al., 2019).

2.1.7 Contaminación del suelo por organoclorados y organofosforados (Glifosato)

Los plaguicidas organoclorados contienen sustancias de gran toxicidad, son solubles en el agua y muy persistentes en el ambiente, requieren años o a veces hasta varias décadas para su degradación, suelen evaporarse y viajar por el aire a varias distancias. Principalmente se almacenan en la parte grasa de los ecosistemas terrestres, razón por la cual se los encuentra en eslabones de la cadena alimentaria. Los organoclorados son altamente peligrosos, según lo declaró la FAO y OMS en 2008 (Cantú et al., 2019).

Los plaguicidas organofosforados poseen toxicidad aguda y se los toma como un problema para el ambiente y la salud pública (Hernández Castellanos et al., 2021). Se derivan del ácido fosfórico, fosfónico, tiosfosfórico y forfínico. Algunos de los compuestos organofosforados son insecticidas

sistémicos, lo que significa que las hojas y la parte aérea de la planta los absorbe (Sanchez, 1984). La aplicación constante de plaguicidas organofosforados provoca que haya residuos del mismo en los suelos agrícolas y a la larga pueden causar enfermedades en la salud humana como el cáncer o intoxicaciones (Ramirez, 2017).

2.2 Pesticidas

Su origen es químico o natural que pertenecen al grupo en el que usualmente se le agregan nuevos componentes que se usan para erradicar o controlar las plagas de tipo animal o vegetal en los cultivos, también fúngicos, mismos que ocasionan daños inminentes sobre un bien o un recurso. Los pesticidas disminuyen el costo de contratación de mano de obra, mejora la calidad del cultivo, erradica los vectores presentes, previene enfermedades, minimiza la propagación de garrapatas y parásitos en el ganado; por otra parte los pesticidas causan algunos impactos sobre el suelo, por ejemplo: menor fertilidad en el suelo, alteraciones fisicoquímicas del suelo, pérdida de organismos de las fases del suelo, variación de los escenarios climáticos de la zona, variaciones en el relieve y topografía de la zona, presencia de químicos en las aguas subterráneas, desaparición de las especies de fauna y flora por la adsorción de las raíces de las plantas e ingreso de las cadenas alimentarias y eliminación de la cobertura vegetal. La gran mayoría de los pesticidas son tóxicos para los seres vivos, la toxicidad es la disposición que tiene una sustancia de acuerdo a su dosis y tiempo de exposición de provocar deterioro e incluso la muerte sobre los componentes que se encuentran presentes en el ambiente. Dentro de la clasificación de los pesticidas se encuentran los: herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematocidas, bactericidas, fitoreguladores, molusquicidas, ácaricidas, antivirales (Kommune, 2007).

2.2.1 Insecticidas

Son usados para exterminar plagas e insectos. Actúan sobre las larvas, huevos o insectos adultos, uno de los insecticidas más usados es el DDT (dicloro difenil tricloroetano) porque es el más rápido, es absorbido por la cutícula de los insectos provocándoles la muerte. Hoy en día está prohibido su uso ya que se descubrió que tiene alta toxicidad para la salud humana, animal y a su vez contribuye a la pérdida de la capa de ozono por sus componentes cloro-flúor-carbonados (Vilches & Pérez, 2013). Este insecticida se mantiene por más de 10 años en el suelo y no se degrada. Estudios demuestran que los herbicidas organoclorados se adentran en las cadenas alimentarias y se dirigen hacia el tejido con más presencia de grasa en los animales (Rosales & Esqueda, 2006). Los insecticidas organofosfóricos son muy tóxicos y se usan con todas las medidas de seguridad ya que suelen matar a los mamíferos y a las aves (Morera I Prat, 2007).

2.2.2 Fungicidas

Son plaguicidas que son usados para combatir el crecimiento de los hongos. Contienen azufre y cobre, reducen la actividad fúngica. Por lo general los fungicidas usados en la agricultura no son persistentes pero tienden a degradarse en el suelo y dan lugar a otros productos tóxicos (Kommune, 2007).

2.2.3 Molusquicidas

Son sustancias químicas que actúan como repelentes de los moluscos como caracoles y babosas, eliminándolos o impidiendo su desarrollo. Usualmente los molusquicidas han sido productos altamente tóxicos que están formados a base de metaldehidos que son dañinos para los animales e incluso para los seres humanos que los aplican. En los últimos tiempos se han desarrollado productos a base de fosfato férrico, una sustancia mucho menos tóxica que las anteriores que está presente de forma natural en el suelo. El fosfato férrico no se disuelve en la lluvia y no es contaminante al ser un mineral que se encuentra naturalmente en el suelo (CERTIS, 2017).

2.2.4 Fitorreguladores

Los fitorreguladores son sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas. Son hormonas vegetales, su principal función es estimular o paralizar el desarrollo de las raíces y de las partes aéreas. Controlan todos los aspectos del vegetal, desde la maduración a la podredumbre. Estos compuestos orgánicos se sintetizan en un tejido de la planta y se transportan a otro órgano que provoca una respuesta fisiológica concreta. Por ejemplo un fitorregulador es el etileno (Probelte, 2020).

2.2.5 Herbicidas

Los herbicidas son sustancias que sirven para controlar cualquier plaga o maleza (Anzalone, 2005). Un herbicida interviene con el desarrollo correcto de una planta que actúa como maleza en los cultivos. Los herbicidas se usan en la industria, agronomía y también en los lugares urbanos ya que ayudan a controlar las malezas de los cultivos si son aplicados de forma correcta, por otra parte si son aplicados de forma incorrecta pueden provocar daños en los cultivos, al ambiente y también a los individuos que lo usan. Los herbicidas son un instrumento muy efectivo para la eliminación de malezas. El herbicida posee una etiqueta que tiene 3 nombres: nombre químico, nombre común y nombre comercial. El nombre comercial se usa por la entidad del agroquímico para dar acogida a la venta de su marca comercial. El nombre común es aquel nombre genérico que se da a la sustancia que está activa y que es avalada por las jurisdicciones correspondientes y el nombre químico es el que indica la composición química del compuesto herbicida (Rosales & Esqueda 2006). Los herbicidas se clasifican por su tiempo de aplicación, modo de acción, familia química, tipo y selectividad.

a. Epoca de aplicación

Se clasifican como preemergentes y post emergentes. Los pre herbicidas son aplicados una vez realizada la siembra, antes de que crezcan malezas en el cultivo, estos herbicidas necesitan de un riego para ubicarse en los 5cm principales de profundidad del suelo. Estos herbicidas son los que eliminan las malas hierbas ya sea en germinación o emergidas. Los herbicidas pot se aplican después de que ha crecido el cultivo y la maleza. Estos se los aplica sobre las malezas en sus primeras fases de crecimiento cuando son más propensas a los herbicidas. Los post herbicidas son

más accesibles para el productor ya que se usan solo en donde está presente la maleza (Marial-Lopez, 2018).

b. Selectividad

Se los clasifica como selectivos: herbicidas que a determinadas concentraciones, épocas o formas de uso degradan a algunas plantas sin producir grandes daños a otras. Los que no son selectivos: son aquellos que ejecutan la toxicidad en todo tipo de vegetaciones y se tienen que usar en lugares sin cultivo o no tener contacto con plantas que ya fueron cultivadas. El glifosato se lo toma como un herbicida de carácter no selectivo (Rosales & Esqueda, 2006).

c. Tipo de acción

Algunos son de contacto: los herbicidas que solo descartan las partes de la especie con la cual tienen relación y un transporte ilimitado hacia la planta, debido a esto es recomendable para tratar la maleza anual. Sistémicos: son herbicidas que se emplean en la tierra o a la hojarasca y se transportan y son absorbidos por la especie, también las raíces (Marial Lopez, 2018).

d. Familia química

Herbicidas que se usan en una familia química poseen características químicas idénticas y usualmente poseen un parecido modo de acción, por ejemplo: las dinitroanilinas, triazinas, cloroacetamidas, fenoxiacéticos, ciclohexanodinas, los bipiridilo y las sulfonilureas; en USA hoy en día hay más o menos 200 medicamentos activos usados en la elaboración de alrededor de 800 herbicidas para la venta (Rosales & Esqueda, 2006).

2.3 Glifosato

El glifosato es una “sal isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina” con un peso molecular de 169,07g/mol, se lo usa para eliminar plantas no productivas, pastos, especies leñosas, gramíneas, plantas de hoja ancha, etc. Es un sólido cristalino incoloro e inodoro (Ordoñez, Abrahams, & Mendez, 2020). Este compuesto es un ácido, pero su uso común es en aplicación de sales, la “sal isopropilamina” de glifosato. El propósito de el compuesto glifosato se da por el cambio de anabolismo de aminoácidos aromáticos, los mismos que están presentes en la síntesis de proteínas y son indispensables para la supervivencia de la mayoría de especies vegetales (Salazar-López & Aldana-Madrid, 2011).

2.3.1 Historia del glifosato

La molécula N-(fosfonometil)-glicina se sintetizó por primera vez en 1950 por la empresa farmacéutica Suiza Cilag, por el Dr. Henry Martin. Después el compuesto fue adquirido por la empresa Monsanto Company y en 1971 la misma pudo patentar el compuesto, para el año 1974 ya se pudo comercializar para combatir las malezas perennes de los cultivos (Massot, 2018). El glifosato tiene algunos nombres por los cuales se lo comercializa: Faena, Mamba, Sankill, Glifos, Rondup y Ramrod, todos estos están en presentaciones de concentrado soluble, gránulo soluble,

líquido soluble, solución concentrada, polvo soluble y también solución acuosa, mismos que se venden en concentraciones de 350 a 720 gr de ingrediente activo, ya sea por litro o por kilogramo.

En 1985 la empresa de Monsanto lanzó a la venta una semilla transgénica resistente al glifosato y esto incrementó masivamente la venta de glifosato en el mundo. Para el año 2000 la patente caducó por lo que otras compañías químicas como Syngenta y Dow Agro Science desarrollaron herbicidas con glifosato (Ordoñez et al., 2020).

2.3.2 Modo de acción

Es un herbicida organofosforado de amplio espectro, de carácter sistémico que opera en post-emergencia. Es un herbicida que inhibe la síntesis de aminoácidos en plantas, algas, bacterias, hongos, parásitos, a través de la “enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintasa”, esta es de gran importancia para la síntesis con los aminoácidos aromáticos. El compuesto puede afectar a los sistemas enzimáticos en animales y humanos (Nivia, 1998).

2.3.3 Degradación del glifosato

Las tasas de biodegradación del glifosato en el suelo dependen del tipo de suelo, pH, mientras el suelo es más ácido mayor es el tiempo en que termina de degradarse este compuesto, el tiempo de vida del glifosato disminuye en pH neutros y alcalinos. También el glifosato es degradado por los microorganismos que están presentes en el suelo, estos son los principales responsables en la degradación de glifosato hacia sus metabolitos (González Ortega & Fuentes Ponce, 2022). El glifosato tiene una gran capacidad de translocarse en el tejido vegetal hacia el suelo y eleva la persistencia de dos a seis veces en los suelos que existen restos de plantas a los que anteriormente se aplicó el herbicida.

Un factor que también influye en la degradación del glifosato en el suelo es el porcentaje y tipo de arcilla, la adsorción aumenta conforme a la cantidad de arcilla (González Ortega & Fuentes Ponce, 2022). Los suelos arcillosos hacen que el se degrade de manera vertical el glifosato llegando a las aguas subterráneas y contaminándolas (Gómez, 2018). La degradación del glifosato adsorbido es mucho más lenta que la del glifosato libre. El glifosato es degradado en el suelo por microorganismos y se transforma en AMPA el cual es igual de tóxico que el glifosato.

e. Ácido aminometilfosfónico (AMPA)

La oxidación biótica del glifosato produce el ácido aminometilfosfónico (AMPA). Cuando el glifosato se encuentra en el suelo este es degradado por los microorganismos a AMPA y tiene una toxicidad similar a la del glifosato (Holzmann, 2021). La volatilidad de AMPA es moderada en comparación a la alta volatilidad del glifosato. La vida media de AMPA en el suelo está entre 60 y 240 días. También para este compuesto el tiempo de degradación puede aumentar si el suelo es altamente arcilloso y tiene un pH ácido. Tanto el glifosato como el AMPA son capaces de transportarse hacia las aguas subterráneas representando riesgos para la salud acuática.

f. Glufosinato

El glufosinato es un herbicida sistémico de amplio espectro el cual inhibe de manera irreversible en la glutamina sintetasa, es una enzima fundamental para la producción de glutamina para la detoxificación del amonio, es persistente en el suelo, este compuesto puede ser en algunas ocasiones hasta más tóxico que el glifosato. Se ha demostrado científicamente que el glufosinato afecta a la salud humana provocando intoxicaciones agudas, convulsiones, pérdida de memoria, autismo, alteraciones en la respiración, etc (Rossi, 2020).

2.3.4 Efectos del glifosato en el suelo

El glifosato se adsorbe fuertemente a los componentes del suelo como la materia orgánica, el aluminio, óxidos férricos y las arcillas. El tiempo de vida del glifosato en el suelo es de 2 a 215 días. Según la EPA (Agencia de Protección Ambiental) indica que gracias a los microorganismos presentes en el suelo el glifosato puede ser degradado de manera más rápida y a temperaturas altas pero también el tiempo de su degradación depende del suelo y de sus condiciones físicoquímicas (Gómez, 2018). La constante aplicación de glifosato para combatir las malezas ha ido reduciendo la fertilidad del suelo y a su vez los nutrientes y microorganismos que son esenciales para el crecimiento de las plantas ya que los residuos de este componente se quedan en el suelo.

La aplicación del glifosato también puede causar algunas enfermedades a los cultivos como: tomate, plátanos, algodón, uvas, melón.

2.3.5 Efectos del glifosato en las plantas

Dosis excesivas de glifosato aplicadas en el suelo son arrastradas por el viento, depende la forma en que este sea aplicado, por ejemplo en aplicaciones terrestres el 14% y 78% de glifosato aplicado en el sitio sale del mismo. Mientras que en aplicaciones por helicóptero entre el 41% y 82% se desplazan fuera del sitio, lo que ocasiona la contaminación de las aguas que se encuentran fuera de la zona de fumigación (Nivia, 1998). Según muchos estudios indican que la presencia de glifosato en las plantas aumenta el crecimiento de hongos y patógenos que al liberar sus toxinas resultan dañinos para otras formas de vida (Gómez, 2018). Algunos residuos de glifosato aplicado para combatir las malezas pueden ser escurridos hacia las raíces y ser adsorbidos hacia las plantas, contaminando de esta forma la calidad de la planta que en muchas de las veces es para el consumo humano.

2.3.6 Efectos del glifosato en la salud

Varios estudios han demostrado que el glifosato es nocivo para el ser humano porque causa toxicidad en las células humanas placentarias, actúa como disruptor endocrino en la actividad de la aromatasa, puede alterar la estructura del ADN otro tipo de células como las de los mamíferos, también puede provocar la muerte celular del hígado. Los estudios a cerca de la exposición a glifosato y daños genéticos investigados en la Universidad Católica de Ecuador, mencionan que debido al incremento de las aspersiones aéreas con glifosato en la zona de la frontera con Colombia;

se ha producido un cambio en el estándar de salud de la población, los habitantes de la zona aumentaron dramáticamente los problemas de horticaria en la piel, problemas respiratorios, gastrointestinales, alérgicos, neurológicos, dermatológicos y psicológicos (Salazar-López & Aldana-Madrid, 2011). Algunos estudios indican la presencia de cáncer en el ser humano como efecto adverso de la exposición al glifosato. También las enfermedades respiratorias se han presentado como asma y alergias, en otros casos como aumento en los síntomas de rinitis (Ordoñez et al., 2020).

Mediante un estudio se determinó que cantidades de glifosato también fueron detectadas en los órganos de las vacas como en el hígado, riñón y músculos. El estudio concluyó que los residuos de glifosato pueden llegar a los seres humanos y animales y se eliminan mediante la orina. Existe el caso de un hombre de 29 años que llegó con agitación a un hospital y fue entubado, luego se conoce que desarrolló acidosis láctica, diarrea acuosa, hipotensión y distensión abdominal (Pedemonte, 2017).

Los más afectados por los efectos del glifosato en la salud son los agricultores que siempre están en constante exposición al compuesto por el uso que le dan para aplicarlo en sus cultivos.

2.4 Biorremediación

La biorremediación es una rama de la biotecnología que usa a los organismos vivos para eliminar toxinas y contaminantes presentes en el suelo y agua. La biorremediación es una técnica que trata de solucionar los inconvenientes de contaminación a través de la aplicación de seres vivos (microorganismos y plantas) que sean capaces de degradar compuestos contaminantes que provocan desequilibrio en el medio ambiente. Es una técnica que su principal objetivo es limpiar los suelos contaminados de manera práctica ya que los mismos organismos del suelo sirven para ello (Brutti, Beltrán, & García de Salamone, 2018).

El método de biorremediación no solo es aplicable en el suelo sino también en las aguas contaminadas, ya que el excesivo uso de plaguicidas genera residuos y estos son transportados a las aguas más cercanas contaminándolas y volviéndolas inadecuadas para el correcto desarrollo de las especies marinas. Existe la biorremediación con microorganismos que degradan la presencia de tóxicos en las aguas ocasionada por la aplicación de plaguicidas, consiste en aplicar distintos tipos de bacterias que ayudan a la eliminación de los contaminantes presentes en el agua (Brutti et al., 2018).

La remoción de contaminantes mediante la aplicación de plantas es un proceso muy conocido por su amplia efectividad, sobre todo en suelos alterados por compuestos químicos como los plaguicidas, ya que estos al tener cualquier tipo de contacto con el medio natural alteran el medio de forma negativa. Por esta razón las plantas son un elemento fundamental para este tipo de problemas de contaminación, ya que pueden almacenar o transportar mediante sus raíces, hojas y tallos los contaminantes que suelen ser altamente dañinos para el suelo (Llugany, 2007).

2.4.1 Tipos de biorremediación

g. Degradación enzimática

Consiste en aplicar enzimas en un sitio contaminado con el propósito de disminuir los componentes nocivos presentes en el mismo. Las enzimas se obtienen de bacterias que las producen naturalmente o también por bacterias modificadas, las cuales son de uso comercial (Biotecnología, 2006).

h. Biorremediación microbiana

En este proceso se utiliza microorganismos de manera directa en el lugar de donde proviene la contaminación. El proceso de descontaminación se da por la capacidad natural que tienen los organismos de poder transformar las moléculas orgánicas y a veces inorgánicas en sustancias pequeñas que son menos tóxicas (Alberto & Afanador, 2019). Los microorganismos son capaces de rebajar una multitud de compuestos tóxicos bajo diferentes circunstancias. En zonas contaminadas con con compuestos xenobióticos se ha descubierto que algunos microorganismos lo pueden degradar de una manera rápida y fácil, entre los que se pueden degradar se encuentran: PCBs, gasolina, cloruro de etileno y otros derivados del petróleo (Quiroz, 2005).

i. Fitorremediación

Es una mezcla de métodos que disminuyen ex situ o in situ el porcentaje de varios componentes químicos a base de procedimientos bioquímicos ejecutados por microorganismos y plantas, la fitorremediación usa las plantas para transformar, reducir, remover, mineralizar, volatilizar, estabilizar o degradar contaminantes. Se ha identificado una gran diversidad de especies que se emplean para este fin, algunas de ellas se las denomina como hiperacumuladoras por su gran capacidad para eliminar metales pesados del suelo. Esta tecnología se vuelve más efectiva por la manipulación genética ya que mejora la capacidad de remediación de las plantas. Algunas plantas están diseñadas genéticamente específicamente para la remediación del Cd, Hg, o bifenilos policlorados (Delgadillo, 2011). Las plantas metabolizan los compuestos orgánicos a través de tres fases:

- **FASE I:** tiene que ver con la conversión y activación de los compuestos orgánicos lipofílicos.
- **FASE II:** habilita la conjugación de los metabolitos de la fase I a una molécula hidrofílica endógena como los azúcares.
- **FASE III:** impulsa a la compartimentación de los compuestos orgánicos modificados en las vacuolas o en la formación de los enlaces con los componentes de la pared celular como la lignina.

La fitorremediación es una tecnología barata y tiene una gran capacidad para el saneamiento de los suelos contaminados por pesticidas, metales pesados, entre otros compuestos. La técnica consiste en el uso de especies verdes, especies leñosas que neutralizan o remueven los contaminantes. Las plantas atrapan elementos contaminantes mediante varios mecanismos. Esto se da por medio de

transportadores específicos que se encuentran en sus raíces con un gran potencial absorbente de contaminantes (Marrero, 2012).

2.4.2 Plantas fitorremediadoras

Las plantas fitorremediadoras son tolerantes a altas concentraciones de contaminación, es decir, que tienen la capacidad de degradar un compuesto tóxico a través de mecanismos de detoxificación que son ocasionados en respuesta directa al contaminante. La sensibilidad de las plantas hacia los metales pesados varía con respecto a los reinos y familias. Son plantas que tienen una ligera tolerancia vascular, la mayoría de las plantas fitorremediadoras tienen una tasa de crecimiento baja y poca producción de biomasa, debido al costo energético que implica acumular niveles de contaminantes en su interior. Existen más de 500 plantas que cumplen la función de remediar suelos contaminados, entre ellas se encuentran las familias de: *Fabaceae*, *Cyperaceae*, *Laminaceae*, *Flacourtiaceae*, entre otras (Corpus, 2018). A las plantas leguminosas se las considera fitorremediadoras porque son capaces de crecer en suelos contaminados con altas concentraciones de elementos potencialmente tóxicos (EPT) (Noguez, 2017).

j. Plantas leguminosas

Las leguminosas representan la segunda familia más importante de plantas cultivadas después de las gramíneas. Las leguminosas representan el 27% de la población agrícola mundial, las cuales brindan el 33% de proteína a las dietas consumidas por los seres humanos, también poseen vitaminas de complejo B y ácido fólico que es muy bueno para las madres en gestación (Guzmán, 2019). Por otra parte las leguminosas forrajeras brindan parte vital para el alimento de los animales, estas plantas tienen una capacidad muy particular de albergar en sus raíces bacterias que son fijadoras de nitrógeno atmosférico, de hecho el cultivo de alguna leguminosa sirve para aumentar la fertilidad del suelo, ya que estas no necesitan que se agregue ningún tipo de fertilizante para su crecimiento (Sáenz, 2016).

Las plantas leguminosas son plantas angiospermas con flores y semillas encerradas en el fruto, pertenecientes a la familia de las *Fabaceae*, sus principales características es que son plantas con vainas, éstas pertenecen a la familia *Fabaceae*. (Acosta, 2021). Entre las plantas leguminosas más comunes están: Alfalfa (*Medicago sativa*), arveja (*Vicia sativa*), cacahuate (*Arachis hypogaea*), lenteja (*Lens culinaris*), garbanzo (*Cicer arietinum*), soya (*Glycine max*), haba (*Vicia faba*), tamarindo (*Tamarindus indica*),

2.4.2.1.1.1 Alfalfa (*Medicago sativa*)

La alfalfa es originaria de de la zona del Cáucaso, Turquestán, pasando a la Mesopotamia y Siberia. Excavaciones arqueológicas indican que desde hace más de 3300 ya se usaba la alfalfa como alimento para el ganado (Bavera, 2014). La Alfalfa (*Medicago sativa*) es una planta introducida en nuestro país que se usa para forraje para el ganado vacuno, porcino, caballos, aves de corral y como heno. La época de siembra usualmente es en otoño-invierno pero esta suele variar. El tiempo de cosecha es después de 2-3 meses. Es una planta perenne porque puede durar de 4 a 5 años de

producción (Alarcon-zuniga & Espinosa-trujillo, 2015). Se ha comprobado que esta planta tiene una alta capacidad fitorremediadora ya que ha sido usada en algunos casos para la fitorremediación del plomo en el suelo. Esta planta tiene la capacidad de fijar nitrógeno y fósforo en el suelo, también puede tolerar temperaturas de 10 hasta 15 °C bajo cero, es susceptible al exceso de agua pero es tolerante a la sequía (Segura, 2020).

En una investigación realizada por Villamizar (1969) menciona que en una experimentación que se aplicó glifosato en el suelo antes de la siembra de *Medicago sativa*, el tiempo de desarrollo de la planta también fue de dos meses. Por otra parte Yaniz (2007), mencionan que el tiempo de desarrollo de *Medicago sativa* fue de dos meses en un suelo que también se aplicó Glifosato+Atrazina. También en un estudio de fitorremediación realizado por Gonzáles (2016) con plantas de geranio (*Perlagonium zonale*) y alfalfa (*Medicago sativa*) en un suelo contaminado con glifosato, se pudo determinar que las especies fueron eficientes en la remoción del contaminante, la especie *Medicago sativa* tuvo un valor total de 0,72ppm seguido de *Perlagonium zonale* con un valor total de 0,84ppm, ya que el valor inicial fue de 0,22ppm. En un trabajo realizado por Sterren, et al (2016) hubo presencia de glifosato en un suelo seco después de dos días de aplicación, con un valor de 0,26 mg/kg; la dosis aplicada de glifosato a partir de la formulación comercial de la sal isopropilamonina fue al 48%, se aplicó una dosis de 2, 14 ml del compuesto.

Cabe mencionar que en esta experimentación la alfalfa tiene un único uso de remediación de contaminantes más no para ningún tipo de consumo.

2.4.2.1.1.2 Arveja (*Pisum sativum*)

La arveja es originaria de Eurasia y de las regiones mediterráneas occidentales, crece en climas frescos. Es una planta leguminosa de la familia *Fabaceae*, es un alimento que tiene propiedades nutricionales por sus aportes de proteína, fibra, carbohidratos y vitaminas A, B y C. La planta tiene un crecimiento desde 0,8 metros y puede llegar a alcanzar una altura máxima de 1,7 metros. Su floración es a los 75 días de siembra y su cosecha máxima es a los 120 días (Prieto, 2010). En un estudio se menciona que uno de los principales herbicidas para combatir las malezas en los cultivos de arveja es el glifosato (Pedreros L, 2008).

Algunos estudios indican que la arveja es resistente a algunos compuestos químicos, entre ellos los organofosforados, es por esto que se la clasifica como una planta fitorremediadora por su resistencia (Sapaico, 2020). Según Ofori et al. (2020) en un estudio que se realizó para la disminución de plomo en el suelo la arveja tuvo resistencia al contaminante y tuvo su crecimiento de manera normal con respecto a otras especies que no tuvieron el mismo resultado.

Como lo explican Álvarez-Sánchez & Chaves-Morillo (2020) que la aplicación de glifosato en los cultivos de *Pisum sativum* es alta debido a que esta especie se suele cultivar en ambientes desfavorables y a su vez existe una mayor presencia de malezas. En una experimentación que se usó *Pisum sativum* para reducir glifosato del suelo, la planta tuvo una efectividad de remoción del 96% (Casteblanco, 2018).

Existen pocas experimentaciones con arveja para remediar suelos contaminados con glifosato, este sería un aporte inicial para futuras investigaciones y experimentaciones que se puedan desarrollar con esta misma especie para la remediación de glifosato en el suelo.

CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Desarrollo Metodológico

Se utilizó una metodología experimental para cumplir con los objetivos tanto general como específicos del trabajo planteado. La metodología experimental es aquella que abarca varias etapas de un método científico; se deben definir las hipótesis y las variables que se tomarán en cuenta en el proyecto. Esta metodología se divide en tres etapas, la primera es la ejecución experimental, el procesamiento y filtración de los datos obtenidos y la tercera etapa es el análisis de datos (Castell, 2019). Las siguientes etapas abarcan la experimentación con las plantas leguminosas (*Medicago sativa*) y (*Pisum sativum*) para la translocación del herbicida glifosato.

Las hipótesis es que las plantas leguminosas ayudan a la disminución del glifosato en el suelo y que una de las plantas leguminosas tendrá mayor efectividad de remoción del glifosato que la otra.

Un diagrama de flujo es el que muestra un resumen de los pasos que se han realizado en la metodología, en este se muestran desde el desarrollo metodológico, materiales, toma de muestras, identificación del grado de contaminación del suelo, diseño experimental, contaminación del suelo, siembra de las especies y eficiencia de remoción del glifosato.

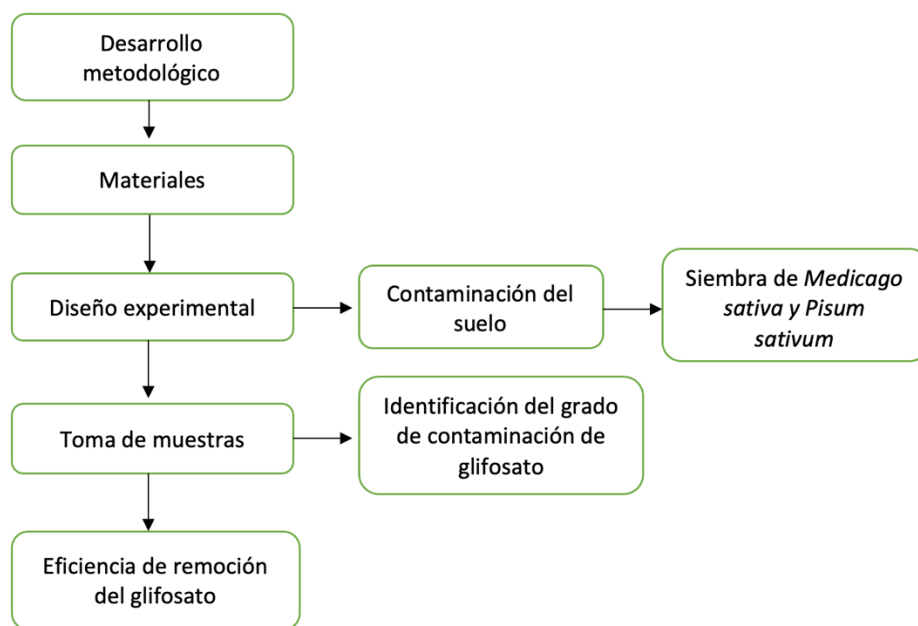


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología utilizada en la investigación.

3.2 Materiales

En cuanto a los materiales que se usaron en todo el proceso de experimentación fueron los siguientes:

- Pico para cavar
- 30 kg de suelo de la parroquia San Joaquin
- Bomba pequeña de fumigación
- 30 macetas de 12x20cm
- Glifosato líquido a partir de la formulación comercial de 480 ml/L al 5%.
- 10 plantas de *Medicago sativa*
- 10 plantas de *Pisum sativum*

3.3 Diseño experimental

Esta experimentación fue realizada de manera ex situ. El diseño experimental que se aplicó se denomina bloques al azar, que consiste en aplicar una sola concentración del compuesto glifosato para los 3 tratamientos de 10 repeticiones cada uno. El método de los bloques al azar sirve para minimizar el error experimental y tener una mayor precisión al momento de obtener los resultados (Mellado, 2008).

Se realizó la contaminación del suelo limpio utilizando una concentración mayor a los límites permisibles de fumigación con glifosato (Mantilla, 2020). El límite permisible para la presencia de glifosato en el suelo es de 0,1 mg/kg (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015). En la (tabla 1) se observa la distribución de los tratamientos empleados.

Tabla 1. Tratamientos aplicados en la experimentación.

| Simbología | Descripción | Dosis |
|-------------------|---|--------------|
| T0 | Testigo (suelo contaminado con Glifosato) | 94,18 mg/kg |
| T1 | Tratamiento 1 (suelo contaminado con glifosato + especie <i>Pisum sativum</i>) | 94,18 mg/kg |
| T2 | Tratamiento 2 (suelo contaminado con Glifosato + especie <i>Medicago sativa</i>) | 94,18 mg/kg |

El suelo para la experimentación fue recopilado de la parroquia San Joaquin, es decir, suelo limpio sin ninguna clase de contaminación activa. Se tomó alrededor de 30 kg de suelo que luego fue distribuido en las macetas correspondientes.



Figura 2. Recolección del suelo de la Parroquia San Joaquín.

3.3.1 Caracterización del suelo

El suelo usado para la experimentación que se extrajo de la parroquia San Joaquín es un suelo pseudo limoso, estos suelos se forman en materia orgánica descompuesta, ya sea carrizos, juncos y distintas plantas de humedales (GAD San Joaquín, 2011). Este tipo de suelo tiene una humedad del 14%. La humedad en el suelo es un indicador de cuanta agua es capaz de retener el suelo, para realizar los calculos de la humedad se realizan en base al volumen y con la densidad aparente del suelo (CIMMYT, 2013)

Se realizó una relación en base al porcentaje de humedad que en este caso es 14%, para determinar la concentración inicial del glifosato. Se determinó finalmente que el volumen de suelo resultante menos el porcentaje de humedad es de 25,8 kg de suelo seco y la concentración final de la sal del contaminante aplicado al suelo fue de 94,18 mg/kg.

3.3.2 Contaminación del suelo para la experimentación

Los tratamientos con aplicación de glifosato se realizaron a partir de la formulación comercial de glifosato “Filoso” como sal isopropilamonio que contiene una concentración de 480 g/L. De este compuesto se tomaron 5,07 ml que se disolvieron en 1L de agua. La concentración que se logró mediante este método es de 94,18 mg/kg de suelo, que corresponde a la concentración inicial de la experimentación. Este procedimiento se basó en una metodología usada por Mantilla (2020). Se aplicó una concentración del 5% de este producto para usarlo en el suelo de esta experimentación.

Para la contaminación del suelo la mezcla de glifosato con el agua se mantuvo en una pequeña bomba de fumigación, la cual luego se aplicó sobre los 30kg de suelo que no tenían ningún tipo de contaminante. Una vez que se realizó la contaminación del suelo mediante la fumigación, se esperó dos días para proceder con la siembra de las especies de leguminosas.

Según los análisis de laboratorio realizados, los resultados obtenidos de los analítos se muestran en la (tabla 2).

Tabla 2. Resultados de la contaminación inicial del suelo.

| Compuesto | Unidad | V inicial. |
|-------------|--------|------------|
| Glifosato | mg/kg | 0,12 |
| AMPA | mg/kg | 0,22 |
| Glufosinato | mg/kg | >0,32 |

3.3.3 Siembra de *Medicago sativa* y *Pisum sativum*

Por cada tratamiento se usaron 10 macetas, es decir, 10 macetas con Alfalfa, 10 macetas con Arveja y 10 macetas en las que no se colocó ninguna leguminosa. Según menciona Castebianco, (2018) la arveja es muy buena para la eliminación de metales pesados en el suelo, tiene una capacidad de remoción del 96,36% de contaminantes en el suelo. Por otra parte, la alfalfa ha demostrado tener una alta tolerancia y capacidad de detoxificación de diversos contaminantes por lo tanto se la coloca como fitorremediadora y se la usó en esta experimentación (Massot, 2018).

Se experimentó con 2 especies de plantas leguminosas tales como (*Pisum sativum*) arveja y (*Medicago sativa*) alfalfa, obteniendo dos tratamientos en 10 macetas (medidas: 12cm de ancho y 20 cm de alto) por cada plántula. Cada tratamiento constó de un suelo previamente contaminado con una cantidad de 5,07 ml de glifosato como se detalla en la (tabla 1), es decir, el T0 fue el testigo con suelo contaminado pero sin ninguna especie, el T1 fue el suelo contaminado + la especie *Pisum sativum* y el T2 fue el suelo contaminado + la especie *Medicago sativa*.

Las macetas estuvieron ubicadas al aire libre durante todo su tiempo de crecimiento y desarrollo en el sector de Balzay perteneciente a la parroquia San Sebastián, aproximadamente ubicada a la altura de la parroquia San Joaquín. Cabe mencionar que una vez terminada la experimentación estas plantas no se usan para ningún tipo de consumo.

En la (figura 3) se detalla el orden de la siembra al azar que se realizó con las respectivas especies de *Medicago sativa* y *Pisum sativum*, mismas que tuvieron una duración de crecimiento de tres meses, desde el 5 de Mayo hasta finales del mes de Agosto del 2022.


































| ORDEN DE SIEMBRA | | |
|--|--|--|
|  Arveja |  Testigo |  Alfalfa |
|  Alfalfa |  Arveja |  Testigo |
|  Arveja |  Testigo |  Alfalfa |
|  Alfalfa |  Arveja |  Testigo |
|  Arveja |  Testigo |  Alfalfa |
|  Alfalfa |  Arveja |  Testigo |
|  Arveja |  Testigo |  Alfalfa |
|  Alfalfa |  Arveja |  Testigo |
|  Arveja |  Testigo |  Alfalfa |
|  Alfalfa |  Arveja |  Testigo |
|  Arveja |  Testigo |  Alfalfa |

Figura 3. Orden de siembra de las plantas

En la (Tabla 3) se observan los límites permisibles en el suelo para cada compuesto químico y a su vez los límites permisibles de organofosforados en el suelo.

Tabla 3. Valores máximos permitidos de organofosforados en el suelo.

| Parámetro | Expresado en | Unidad | Valor máximo permitido |
|---------------------------------------|--------------|--------|------------------------|
| Hidrocarburos totales | TPH | mg/kg | 20 |
| Organoclorados | OC | mg/kg | 0,05 |
| Organofosforados | OF | mg/kg | 0,1 |
| Carbamatos | CB | mg/kg | 0,1 |
| Cadmio | Cd | mg/kg | 0,05 |
| Níquel | Ni | mg/kg | 2 |
| Plomo | Pb | mg/kg | 0,2 |
| Mercurio | Hg | mg/kg | 0,005 |
| Arsénico | As | mg/kg | 0,1 |
| pH | pH | | 5<pH<9 |
| Conductividad eléctrica | CE | uS/cm | 4000 |
| Hidrocarburos aromáticos policíclicos | HAPS | mg/kg | <0,003 |
| Vanadio | V | mg/kg | <0,02 |
| Bario | Ba | mg/kg | <5 |

Fuente: (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

Tabla 4. Límite de cuantificación de glifosato en el suelo (Agro Control).

| Componente | Método analítico | Límite de cuantificación |
|------------------------------|------------------|--------------------------|
| Glifosato, Glufosinato, AMPA | LC-MS/MS, A131 | 0,01 mg/kg |

Fuente: Groen Agro Control.



Figura 4. Siembra de *Medicago Sativa* y *Pisum Sativum*.

La arveja (*Pisum sativum*) es una planta leguminosa de la familia *Fabaceae*. Tiene un tiempo de floración a los 75 días y el tiempo para cosecha es a los 120 días (Dane, 2015). Por otra parte la alfalfa (*Medicago Sativa*), después de la siembra tiene una duración de crecimiento de 60-65 en los que ya se puede cosechar (Basigalup D. y Rossanigo R., 2007).



Figura 5. *Pisum sativum* y *Medicago sativa*, dos meses de crecimiento.

3.4 Toma de muestras

Se tomaron muestras del suelo mediante el método de Muestreo de Detalle (MD). Este método tiene como objetivo obtener una muestra representativa de tierra para poder establecer el volumen y el área de suelo que se encuentra con compuestos tóxicos en el área o áreas de interés (Ministerio del ambiente, 2014). Este método consiste en cuantificar y delimitar las zonas de afección de suelo, tomando en cuenta las siguientes indicaciones:

- La profundidad de la toma de muestra debe estar en un rango de (10-15cm), (15-30cm) y (30-60cm).
- Se tomó un número mínimo de muestreos que son 6 puntos y máximo 10 puntos.
- El tamaño de la muestra debe ser de 1 kg por Ha.

Inicialmente se tomó una muestra del suelo que fue previamente contaminado para obtener el valor contaminante presente en el suelo. Una vez que las plantas fueron sembradas y cumplieron con su desarrollo, después de tres meses, se tomaron tres muestras finales de suelo para analizarlo. El método de muestreo que se usó fue el estratificado aleatorio que consiste en tomar las muestras de los tres diferentes grupos que están ubicados aleatoriamente, se toma una muestra de cada individuo perteneciente a cada grupo y se obtiene una muestra compuesta (Otzen & Manterola, 2017). Según Segoviano & Tamez (2014) la estratificación puede tener variaciones en cuanto a las características, puede ser de acuerdo al tipo, edad, especie, género, etc.

De la especie *Medicago sativa* se tomó una muestra compuesta para completar 1 kg de suelo, luego de la especie *Pisum sativum* se tomó una muestra para completar 1 kg de suelo y finalmente se tomó una muestra de tierra del testigo, es decir, las macetas sin ninguna especie, para completar

1 kg de suelo. Se envió a analizar en el laboratorio para poder determinar si la presencia de glifosato en el suelo disminuyó después de la siembra de las plantas.

3.5 Identificación del grado de contaminación del suelo mediante el método de cromatografía de gases

Una vez que se tomó la primera muestra de suelo contaminado se envió al laboratorio Agrolab Company S.A para el respectivo análisis de la muestra, con la finalidad de identificar el grado de contaminación del glifosato para compararlo con los límites permisibles impuestos por el “Acuerdo Ministerial 097-A”.

Para cumplir con el segundo objetivo se tomaron 3 muestras compuestas mediante el método de muestreo estratificado, el cual consiste en tomar muestras de una misma especie que estén ubicadas de manera aleatoria y así conformar una sola muestra por cada tratamiento.

El método usado por el laboratorio para medir la cantidad de glifosato en el suelo es la cromatografía de gases que está ajustada a la espectroscopía de masas y también la cromatografía líquida de alta eficiencia que se encuentra acoplada a detectores UV y fluorescencia (Gómez, 2018). Este proceso consiste en preconcentrar la muestra y los analitos que han sido retenidos pasan a la columna analítica, este procedimiento de cromatografía de gases es conocido como el más confiable y preciso (Bohóquez, 2020).

La técnica de cromatografía de gases tiene un amplio uso ya que no existe ninguna otra técnica con la capacidad de resolución que brinda la cromatografía de gases, teniendo un alto porcentaje de sensibilidad suministrada por el espectrómetro de masas, llegando a ser un método muy poderoso para cuantificación e identificación de moléculas orgánicas volátiles. Para la dispersión por medio de cromatografía de gases, se aplica un muy poco porcentaje de muestra para separarla en un estado de gas inerte a una temperatura alta; dicha corriente de gas, traspasa una barrera cromatográfica que dividirá los compuestos de la mezcla mediante un método de división (Yagües, 2008).

3.6 Eficiencia de remoción de glifosato

Una vez realizado el análisis final después de haber culminado la experimentación con las especies *Medicago sativa* y *Pisum sativum*, se determinaron los valores finales presentes de glifosato en el suelo, se tomaron el dato inicial del suelo contaminado y los tres últimos datos correspondientes a la concentración final de glifosato presente en el suelo y se reemplazaron en la fórmula de la eficiencia según el rango de 0-1. (Perdomo, 2010):

$$Efi GF = \frac{GF_i - GF_s}{GF_i} \quad (1)$$

Ecuación 1. Fórmula de la eficiencia

Donde:

Efic= Remoción del glifosato en el suelo

GFi= Valor inicial del suelo contaminado por glifosato en el suelo

GFs= Valor final del suelo tratado por glifosato en el suelo

Mediante la cual se comprobó si los contaminates presentes en el suelo tuvieron algún cambio después de la siembra de las plantas.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis del suelo de la experimentación

La contaminación del suelo se realizó a partir de la formulación comercial de glifosato como sal isopropilamonio que contiene una concentración de 480g/L. De este compuesto se tomaron 5,07ml el cual corresponde a 2,43 gr en 30 kg de suelo que corresponden a 94,18 mg/kg del contaminante. La mezcla se mantuvo en una pequeña bomba de fumigación y luego se aplicó en su totalidad sobre 30 kg de tierra, se tomó una muestra después de su contaminación para su respectivo análisis. En Cuenca, los veranos son nublados y frescos, los inviernos son fríos, secos, cortos un y con un poco de niebla. Conforme pasa el año, la temperatura suele variar de 7 °C a 17 °C y muy pocas veces se reduce a menos de 5 °C o aumenta a más de 19 °C (Weather Spark, 2021). En el cantón Cuenca hay seis tipos de climas, el que predomina en el sector de San Joaquín es el clima Ecuatorial de alta monaña, que fluctúa alrededor de los 8°C (GAD Azuay, 2015).

Tabla 5. Resultados del análisis del suelo de la experimentación.

| Compuesto | Unidad | Concentración |
|-------------|--------|---------------|
| Glifosato | mg/kg | 0,12 |
| AMPA | mg/kg | 0,22 |
| glufosinato | mg/kg | >0,32 |

Fuente: Groen Agro Control.

Los resultados de la muestra arrojaron que se excede el límite permisible según el "Acuerdo Ministerial 097-A", el glifosato con un valor de 0,12 mg/kg (0,12 ppm). El metabolito AMPA y glifosato tienen el nivel similar de toxicología, por lo tanto el valor que se encontró en el metabolito AMPA fue de 0,22 mg/kg (0,22 ppm), el glufosinato tuvo un valor de >0,32 mg/kg (0,32 ppm) lo que significa que el suelo se encuentra contaminado con glifosato, esto permitió que se procediera con la experimentación planteada en la metodología, ya que este valor se encuentra por encima del límite permisible de glifosato en el suelo que es 0,1mg/kg según el "Acuerdo Ministerial 097-A".

Mientras que en un estudio realizado por Almquist (2004), se aplicó una cantidad de 2000 mg/kg de glifosato en el cual después de los 55 días se pudo observar que hubo una reducción de los microorganismos en el suelo, es decir, que dicha reducción se debe a la presencia de glifosato en el suelo, el valor del glifosato después de los 55 días fue de 0,42 mg/kg. Guijarro (2019) indica que el tiempo de persistencia de glifosato en el ambiente es mayor en los climas fríos y secos, mientras que en climas cálidos y húmedos el tiempo de degradación del glifosato es más rápido. Villamizar (1969) menciona que en una experimentación que se aplicó glifosato en el suelo antes de la siembra de *Medicago sativa*, el tiempo de desarrollo de la planta también fue de dos meses. Por otra parte Yaniz (2007), mencionan que el tiempo de desarrollo de *Medicago sativa* fue de dos meses en un suelo que también se aplicó Glifosato+Atrazina.

Una vez sembradas las semillas de *Medicago sativa* y *Pisum sativum*, empezaron su germinación después de los 8 días, durante el primer mes el crecimiento fue lento, el riego se realizó de una manera seguida para evitar resequedad y muerte de las plantas. Las macetas estuvieron al aire libre en orden de bloques al azar. El crecimiento de la especie *Medicago sativa* tuvo una duración de dos meses y la especie *Pisum sativum* tuvo una duración de tres meses de desarrollo.

4.2 Resultados post siembra

Tabla 6. Análisis de suelo con *Medicago sativa*.

| Compuesto | Unidad | Concentración |
|-------------|--------|---------------|
| Glifosato | mg/kg | 0,16 |
| AMPA | mg/kg | 0,20 |
| Glufosinato | mg/kg | >0,29 |

Fuente: Groen Agro Control.

La experimentación tuvo un éxito considerable con respecto a esta especie y que a su vez el valor continua sobre los límites permisibles de glifosato en el suelo según el "Acuerdo Ministerial 097-A". El valor del glifosato fue de 0,16 mg/kg (0,16 ppm), en cuanto al valor del metabolito AMPA de 0,20 mg/kg (0,20 ppm) continúa siendo igual de contaminante que el glifosato ya que se encuentra por encima del límite permisible. Y el valor del glufosinato fue de >0,29 mg/kg (>0,29 ppm).

Un estudio realizado por Garay et al (2006) indica que el mejor tiempo para la aplicación de glifosato en *Medicago sativa* es en los meses de verano ya que en esta época será más eficiente para controlar las malas hiervas en los sembríos. La especie *Medicago sativa* tiene un gran potencial para la fitorremediación ya que se la ha aplicado en varios ensayos con hidrocarburos y pesticidas (Massot, 2018). En un trabajo realizado por Sterren, et al (2016) hubo presencia de glifosato en un suelo seco después de dos días de aplicación, con un valor de 0,26 mg/kg; la dosis aplicada de glifosato a partir de la formulación comercial de la sal isopropilamonina fue al 48%, se aplicó una dosis de 2, 14 ml del compuesto.

Por otra parte, un estudio de fitorremediación realizado por Gonzáles (2016) con plantas de geranio (*Perlagonium zonale*) y alfalfa (*Medicago sativa*) en un suelo contaminado con glifosato, se pudo determinar que las especies fueron eficientes en la remoción del contaminante, la especie *Medicago sativa* tuvo un valor total de 0,72 ppm seguido de *Perlagonium zonale* con un valor total de 0,84 ppm, ya que el valor inicial fue de 0,22 ppm.

Tabla 7. Análisis del suelo con *Pisum sativum*.

| Compuesto | Unidad | Concentración |
|-------------|--------|---------------|
| Glifosato | mg/kg | 0,10 |
| AMPA | mg/kg | 0,20 |
| Glufosinato | mg/kg | >0,26 |

Fuente: Groen Agro Control.

Los resultados en la especie (*Pisum sativum*) arveja no tuvieron gran diferencia en comparación con los resultados de la especie (*Medicago sativa*). Los análisis del suelo con la especie *Pisum sativum* muestran que existió una pequeña reducción de glifosato en el suelo. El valor del glifosato fue de 0,10 mg/kg (0,10 ppm). El metabolito AMPA tuvo un valor de 0,20 mg/kg (0,20 ppm) y en el glufosinato se halló un valor de >0,26 mg/kg (>0,26), lo que quiere decir que igual es contaminante para el suelo ya que sobrepasa los límites permisibles de glifosato en el suelo según el “Acuerdo Ministerial 097-A”.

Como lo explican Álvarez-Sánchez & Chaves-Morillo (2020) que la aplicación de glifosato en los cultivos de *Pisum sativum* es alta debido a que esta especie se suele cultivar en ambientes desfavorables y a su vez existe una mayor presencia de malezas. En una experimentación que se usó *Pisum sativum* para reducir glifosato del suelo, la planta tuvo una efectividad de remoción del 96% (Castebianco, 2018).

Existen pocas experimentaciones con arveja para remediar suelos contaminados con glifosato, este sería un aporte inicial para futuras investigaciones y experimentaciones que se puedan desarrollar con esta misma especie para la remediación de glifosato en el suelo.

Tabla 8. Análisis del Testigo

| Compuesto | Unidad | Concentración |
|-------------|--------|---------------|
| Glifosato | mg/kg | 0,12 |
| AMPA | mg/kg | 0,21 |
| Glufosinato | mg/kg | >0,3 |

Fuente: Groen Agro Control.

Los resultados del testigo, es decir, del suelo sin plantas, sino solo con el contaminante, al final de la experimentación arrojaron un valor de 0,12 mg/kg (0,12 ppm) con respecto al glifosato, en cuanto al metabolito AMPA el valor fue de 0,21 mg/kg el valor del glufosinato fue de >0,3 mg/kg (>0,3 ppm). No existe mayor diferencia con el valor inicial de la contaminación del suelo, que fue de >0,32 mg/kg (>0,23 ppm), sino con solo dos milésimas de diferencia, los valores encontrados se encuentran por encima del valor permisible de glifosato en el suelo según el “Acuerdo Ministerial 097-A”.

González-Ortega y Fuentes-Ponce (2022) mencionan que el modelo actual de producción agrícola se basa en la aplicación de agroquímicos para combatir las plagas en los cultivos lo cual ha llevado a una disminución de la fertilidad de los suelos. En una investigación realizada por Marcela y Chaverra (2014) se comprobó que la estevia tiene la capacidad de reducir el glifosato en el suelo porque se observó una disminución de la contaminación con un valor de 0,47 mg/kg, siendo 0,64 mg/kg el valor del contaminante.

En la (Figura 6) se puede observar que la especie que tuvo mayor éxito en el proceso de experimentación fue *Pisum sativum* con un valor de 0,26 mg/kg (0,26 ppm) ya que es el valor mas bajo en comparación a *Medicago sativa*.

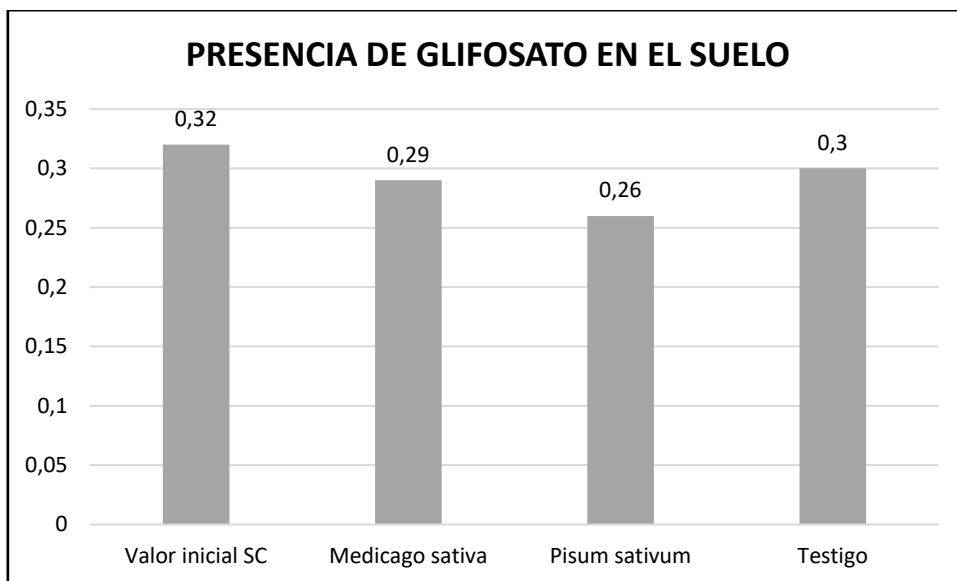


Figura 6. Cuadro comparativo de glifosato en el suelo post siembra

En cuanto a la especie con mayor éxito en la experimentación fue *Pisum sativum* con un valor de $>0,26$ mg/kg ($>0,26$ ppm), lo que indica que es una especie potencialmente capaz de reducir el glifosato en el suelo.

Como dato adicional cabe mencionar que también se realizó un análisis del suelo de un determinado lugar en la parroquia San Joaquín, dió como resultado que el dato hallado fue menor al $<0,01$ mg/kg (0,01 ppm), es decir que no sobrepasa los límites permisibles de glifosato en el suelo según el “Acuerdo Ministerial 097-A”. Esto coincide con lo establecido en la “Agencia de Protección Ambiental” de los Estados Unidos porque también indica que cuando el valor es menor a 0,1 mg/kg no se considera una amenaza para el suelo, ya que se encuentra por debajo del límite permisible (Salazar & Aldana, 2011).

4.3 Análisis final de resultados

Tabla 9. Tabla de todos los resultados obtenidos durante la experimentación.

| Compuesto | Unidad | V inicial. | V 1 (alfalfa) | V 2 (arveja) | V 0 (testigo) |
|-------------|--------|------------|---------------|--------------|---------------|
| Glifosato | mg/kg | 0,12 | 0,16 | 0,10 | 0,12 |
| AMPA | mg/kg | 0,22 | 0,20 | 0,20 | 0,21 |
| Glufosinato | mg/kg | $>0,32$ | $>0,29$ | $>0,26$ | $>0,3$ |

Según se puede observar en la (tabla 8) la alfalfa inicialmente tuvo una concentración de 0,12 mg/kg y aumentó su concentración final de glifosato a 0,16 mg/kg (0,16 ppm). En cuanto al metabolito AMPA tuvo un valor inicial de 0,22 mg/kg (0,22 ppm) y al final se notó una leve reducción con un valor de 0,20 mg/kg (0,20 ppm). Con respecto al análisis glufosinato al inicio se obtuvo un valor de $>0,32$ mg/kg y finalmente el valor que se encontró fue de $>0,29$ mg/kg ($>0,29$ ppm), con lo cual se observa una ligera disminución del contaminante.

En cuanto a la arveja el valor inicial del glifosato fue de 0,12 mg/kg (0,12 ppm) según se observa en la (tabla 8) y el valor final fue de 0,10 mg/kg (0,10 ppm), el químico disminuyó levemente. El valor del metabolito AMPA para la arveja inicialmente fue de 0,22 mg/kg (0,22 ppm) y al final se obtuvo un valor de 0,20 mg/kg (0,20 ppm) lo que significa que el contaminante se redujo en una mínima cantidad. De la misma forma el analito glufosinato tuvo un valor inicial de >0,32 mg/kg (>0,32 ppm) y al final se obtuvo un valor de >0,26 mg/kg (>0,26 ppm), indicando que hubo una disminución del contaminante.

Podemos decir que según la (tabla 8) el testigo mantuvo la concentración del glifosato como primer componente de los análisis estudiados en laboratorio con concentraciones iniciales de 0,12 mg/kg y final de 0,12 mg/kg (0,12 ppm). De la misma forma el analito AMPA tuvo una concentración inicial de 0,22 mg/kg (0,22 ppm) y una final de 0,21 mg/kg (0,21 ppm), indicando este una mínima disminución. En el caso del analito glufosinato los rangos de detección fueron al inicio de >0,32 mg/kg (>0,32 ppm) y final >0,3 mg/kg (>0,3 ppm), con lo cual no se puede establecer una degradación del contaminante.

4.4 Fórmula de la eficiencia

$$\%Efi\ GF = \frac{GF_i - GF_s}{GF_i} \quad (2)$$

Una vez aplicada la fórmula se determinó la eficiencia en la remoción del glifosato en un rango de 0–1. Con respecto a la Alfalfa, en el glifosato se determinó un valor de –0,33, con respecto al metabolito AMPA se obtuvo un valor de 0,09 y el valor del glufosinato fue de 0,09.

En la arveja el valor de eficiencia del glifosato fue de 0,16, en el metabolito AMPA fue de 0,09 y en el glufosinato fue de 0,18.

Finalmente en el testigo el valor de la eficiencia para el glifosato fue de 0, en el metabolito AMPA el valor fue de 0,04 y en el glufosinato se obtuvo un valor de 0,06.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES

De acuerdo al primer objetivo se realizó la contaminación ex situ en un suelo extraído de la parroquia San Joaquín. Los tratamientos con aplicación de glifosato se realizaron a partir de la formulación comercial de glifosato como sal isopropilamonio que contiene una concentración de 480 g/L. De este compuesto se tomaron 5,07 ml que se disolvieron en 1L de agua. La concentración que se logró mediante este método es de 90,18 mg/kg de suelo, que corresponde a la concentración inicial de la experimentación. Este procedimiento se basó en una metodología usada por Mantilla (2020). Se aplicó una concentración del 5% de este producto para usarlo en el suelo de esta experimentación. Luego de la contaminación este suelo fue analizado para determinar que el valor contaminante presente de glifosato fue de >0,32 mg/kg (>0,32 ppm), después se procedió con la experimentación con las dos especies de leguminosas.

En cuanto al segundo objetivo, se realizó la siembra de las especies *Medicago sativa* y *Pisum sativum* en el suelo previamente contaminado, después de su crecimiento y desarrollo se realizó un respectivo análisis de cada uno de los tratamientos aplicados para determinar la cantidad del herbicida glifosato presente en el suelo después de haber culminado con la experimentación. Los resultados que se encontraron de la alfalfa fueron que inicialmente tuvo una concentración de 0,12 mg/kg (0,12 ppm) y aumentó su concentración final de glifosato a 0,16 mg/kg (0,16 ppm). En cuanto al metabolito AMPA tuvo un valor inicial de 0,22 mg/kg (0,22 ppm) y al final se notó una leve reducción con un valor de 0,20 mg/kg (0,20 ppm). Con respecto al analito glufosinato al inicio se obtuvo un valor de >0,32 mg/kg (>0,32 ppm) y finalmente el valor que se encontró fue de >0,29 mg/kg (>0,29 ppm), con lo cual se observa una ligera disminución del contaminante. En cuanto a la arveja el valor inicial del glifosato fue de 0,12 mg/kg (0,12 ppm), el valor final fue de 0,10 mg/kg (0,10 ppm), el químico disminuyó levemente. El valor del metabolito AMPA para la arveja inicialmente fue de 0,22 mg/kg (0,22 ppm) y al final se obtuvo un valor de 0,20 mg/kg (0,20 ppm) lo que significa que el contaminante se redujo en una mínima cantidad. De la misma forma el analito glufosinato tuvo un valor inicial de >0,32 mg/kg (>0,32 ppm) y al final se obtuvo un valor de >0,26 mg/kg (>0,26 ppm), indicando que hubo una disminución del contaminante. Finalmente se puede decir que el testigo mantuvo la concentración del glifosato como primer componente de los análisis estudiados en laboratorio con concentraciones iniciales de 0,12 mg/kg (0,12 ppm) y final de 0,12 mg/kg (0,12 ppm). De la misma forma el analito AMPA tuvo una concentración inicial de 0,22 mg/kg (0,22 ppm) y una final de 0,21 mg/kg (0,21 ppm), indicando esto una mínima disminución. En el caso del analito glufosinato los rangos de detección fueron al inicio de >0,32 mg/kg (>0,32 ppm) y final >0,3 mg/kg (>0,3 ppm), con lo cual no se puede establecer una degradación del contaminante. Concluyendo que la especie que pudo remediar mayor cantidad de glifosato fue la especie *Pisum sativum* con un valor de >0,26 mg/kg (>0,26 ppm) presente en el suelo.

Finalmente se cumplió con el tercer objetivo ya que se determinó la eficiencia de remoción de glifosato en suelo que contienen ambas especies y el testigo. Una vez aplicada la fórmula se determinó la eficiencia en la remoción del glifosato en un rango de 0–1. Con respecto a la Alfalfa, en el glifosato se determinó un valor de $-0,33$, en el metabolito AMPA se obtuvo un valor de $0,09$ y el valor del glufosinato fue de $0,09$. En la arveja el valor de eficiencia del glifosato fue de $0,16$, en el metabolito AMPA fue de $0,09$ y en el glufosinato fue de $0,18$. Finalmente el valor del testigo en cuanto a la eficiencia del glifosato fue de 0 , en el metabolito AMPA el valor fue de $0,04$ y en el glufosinato se obtuvo un valor de $0,06$.

CAPÍTULO VI

6 RECOMENDACIONES

- Es recomendable hacer análisis continuos de los residuos de contaminantes en los suelos agrícolas para preservar la salud alimentaria y verificar que los límites de compuestos químicos en el suelo no se excedan.
- Por otra parte se recomienda realizar experimentaciones de remoción de glifosato del suelo con otras especies leguminosas para evaluar su capacidad de remoción y determinar cual es la más efectiva para este tipo de remediación.
- Un mayor control en el uso de compuestos químicos en los suelos destinados a los cultivos sería favorable, ya que cada vez estos son más contaminantes para el suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M. B. (2021). Qué son las Leguminosas y sus Tipos. Retrieved October 12, 2021, from <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-leguminosas-2705.html>
- Alarcon-zuniga, B., & Espinosa-trujillo, E. (2015). (Medicago sativa L.). *Ecological Genetics*, 13(2). Retrieved from https://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Medi_sati_p.htm
- Alberto, J., & Afanador, L. (2019). Practicas de biorremediacion en suelos y aguas, 49.
- Aldas. (2012). Capítulo II La Contaminación del Suelo. *La Contaminacion Del Suelo*, 28. Retrieved from <https://www.tesisenred.net/Tasm03de16.pdf>
- Almquist, M., Pålsson, B., & Gyllstedt, E. (2004). ABC om Pleuradrän vid trauma. *Lakartidningen*. Retrieved from <http://www.scielo.org.ar/img/revistas/ecoaus/v22n1/html/v22n1a04.htm>
- Álvarez-Sánchez, & Chaves-Morillo, et al. (2020). Estimación del riesgo ambiental causado por plaguicidas en cultivos de arveja de Ipiales, Nariño-Colombia. *TecnoLógicas*, 23(47), 77–91. <https://doi.org/10.22430/22565337.1404>
- Anzalone, A. (2005). Herbicidas. Modos y mecanismos de accion. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Arciniegas, et al. (2021). Estudio de la presencia de glifosato mediante inmunoensayo enzimático (ELISA) en explotaciones acuícolas de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas., 6.
- Basigalup D. y Rossanigo R. (2007). Panorama actual de la alfalfa en la Argentina. *El Cultivo de La Alfalfa En La Argentina. Ediciones INTA*, 15.
- Bavera, G. A. (2014). Alfalfa , Un Cultivo Con Historia, (año 1860), 1–2.
- Bernal, A. (2014). Fitorremediación en la recuperación de suelos: una visión general. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. Retrieved from <http://www.buenosnegocios.com/notas/391-ventajas-y-desventajas-tercerizar>
- Biotecnología, P. (2006). Biorremediación: organismos que limpian el ambiente. *El Cuaderno de Por Qué Biotecnología*, 36, 10. Retrieved from http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_biotec_25618.pdf
- Bohóquez. (2020). Métodos analíticos para la determinación de glifosato en matrices ambientales, 63–67.
- Brutti, L., Beltrán, M., & García de Salamone, I. (2018). *La biorremediación aplicada a la rehabilitación de suelos contaminados con hidrocarburos. Biorremediacion de los recursos naturales*. Retrieved from https://inta.gob.ar/sites/default/files/libro_biorremediacion_de_los_recursos_naturales_1.pdf
- Buamscha, G., & Escobar, R. (2012). Sustrato o medio de crecimiento. *Producción de Plantas En Viveros Forestales*, 89–98.
- Candia, J. (2019). Manual de tecnologías de remediacion de sitios contaminados. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 35–36. Retrieved from https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/10/manual-de-tecnologias-de-remediacion-de-sitios-contaminados_baja-1.pdf
- Cantú, P. C., Meza, M. M., Valenzuela, A. I., Osorio, C., Zamorano, H. G., Cota, P. G., & Gutiérrez, D. L. (2019). Determinación de plaguicidas organoclorados en hortalizas del sur de Sonora: calidad y seguridad de los alimentos en relación a los límites máximos permitidos safety of foods in relation to the maximum permissible limits. *Biotecnia*, XXI(2), 19–27. Retrieved from <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/902/318>
- Castebianco, J. (2018). Tecnicas De Remediacion De Metales Pesados Con Potencial En El

- Cultivo De Caco. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de La Vida*, 27(1), 21–35. Retrieved from <http://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.02%0AReseña>
- Castell, D. L. (2019). 3.2 Metodología experimental, (Figura 1), 1–15.
- CERTIS. (2017). Molusquicidas: qué son y para qué sirven | Certis Europe España. Retrieved November 26, 2021, from <https://www.certiseurope.es/noticias/detalle/news/molusquicidas-que-son-y-para-que-sirven/>
- CIMMYT. (2013). Contenido de humedad del suelo. *Cimmyt*, 12(3), 12.
- Corpus, M. Y. (2018). Eficiencia de especies altoandinas como plantas fitorremediadoras de suelos contaminados con metales pesados provenientes de la planta concentradora de minerales Santa Rosa de Jangas, en condiciones de invernadero, 228. Retrieved from <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3339>
- Crosara, A. (2010). El suelos y los problemas ambientales. *Contaminación De Suelos, •Eh. El am•Eh. El ambiente oxida*, 74. Retrieved from www.googleacademico.com
- Dane. (2015). Boletín mensual. Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria, 78. Retrieved from https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos31_mar_2015.pdf
- Delgadillo, et al. (2011). Phytoremediation: An alternative to eliminate pollution. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2), 597–612.
- GAD Azuay. (2015). Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial. *Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San Pedro De La Carolina*, 1–180. Retrieved from http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1060022310001_Diagnóstico DOCUMENTO LA CAROLINA final OK_30-10-2015_22-25-51.pdf
- GAD San Joaquin. (2011). Actualización del Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de: San Joaquín “el huerto de cuenca,” 1–307. Retrieved from <https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PDOT-PARROQUIA-SAN-JOQUIN-2015.pdf>
- Garay, J. A., Mercedes, A. E. R. V., Inta, S. L., Luis, S., Qu, C., El, M. D. E. M., & li, C. (2006). Control De Malezas En Pasturas Base Alfalfa, 1–10.
- Gómez, A. (2018). Potencial de fitorremediación del glifosato en la planta acuática Egeria densa, 17–30. Retrieved from <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/20339/u319234.pdf?sequence=1>
- González, et al. (2016). Fitorremediación de un suelo con exceso de cobre utilizando cuatro especies vegetales; “girasol”, “alfalfa”, “geranio” e “higuerilla,” 1–12.
- Gonzalez, et al. (2013). Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables. *Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria ([INIA])*, 41-50. Retrieved from <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/15054>
- González Ortega, E., & Fuentes Ponce, M. H. (2022). Dinámica Del Glifosato En El Suelo Y Sus Efectos En La Microbiota. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 38, 127–144. <https://doi.org/10.20937/rica.54197>
- Greenpeace. (2018). Glifosato - ES | Greenpeace España. *Glifosato*. Retrieved from <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/agricultura/glifosato/>
- Gualpa, J. (2017). *Estudio de la contaminación originado por los plaguicidas en los sistemas de riego de los cultivos hortícolas de la parroquia San Joaquín del cantón Cuenca provincia del Azuay. Universidad Politécnica Salesiana. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.*

Retrieved from https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14713/1/UPS-CT007230.pdf?fbclid=IwAR1z6cetCwVYUAF3sXmsQEzi86r74abDivTkKMCVDwWwwOtwle9ger_sGm0

- Guijarro, K. H. (2019). Degradación microbiana del herbicida glifosato en suelos agrícolas de la Región Pampeana Argentina, 112.
- Guzmán, B. L. (2019). Leguminosas De Grano. *Compendio De Las Enfermedades De Las Plantas*, 529–570. <https://doi.org/10.2307/j.ctvkjb460.13>
- Hernández Castellanos, J. L., Cuervo González, R., Montañez Soto, J. L., Hernández Castellanos, N. D., Pérez Vargas, M. A., Cruz Hernández, A., & Chaires Martínez, L. (2021). Biodegradation of organophosphate and organochlorine pesticides by *Candida tropicalis* and *Stenotrophomonas maltophilia* in soil microcosms. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 37, 553–564. <https://doi.org/10.20937/RICA.53889>
- Holzmann, et al. (2021). Presencia de Glifosato y AMPA en suelos de chacras y aguas en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*, 1–7.
- INIA. (2015). Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas INIA Tacuarembó 20 de mayo de 2015. *Inia*, 19. Retrieved from <http://inia.uy/Documentos/Públicos/INIA Tacuarembó/2015/El Suelo 20 de mayo.pdf>
- Izquierdo, J. J. (2017). Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de los agroquímicos de la parroquia San Joaquín. *Universidad Politécnica Salesiana*, 67. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf>
- Kommune, A. (2007). Contaminación del suelo.
- Llugany, et al. (2007). Hiperacumulación de metales : ¿ una ventaja para la planta y para el hombre ? *Ecossistemas*, 16(2), 4–9.
- MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). Registro Oficial Suplemento 387 de 4 de Noviembre de 2015. *Libro VI, Anexo 5*, 184. Retrieved from http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf?%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf
- Maiti, & Bidinger. (1981). Estudio de los procesos de biorremediación para la recuperación de suelos contaminados con pesticidas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Mantilla, C. J. R. (2020). Uso del glifosato en cultivos agrícolas e ilícitos: impacto en la microbiota del suelo a medida que aumenta la tasa de aplicación. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 44(8), 1689–1699.
- Marcela, L., & Chaverra, M. (2014). Evaluación de cambios en las propiedades físico-químicas de suelos contaminados con glifosato , antes y después de la siembra con stevia Evaluation of changes in physical-chemical properties of soils contaminated with glyphosate , before and after plantin. *Bioetnia*, 11, 54–59.
- Marial Lopez. (2018). Distintos tipos de herbicidas y cuándo aplicarlos - Empresa Agraria. Retrieved May 13, 2022, from <http://www.empresaagraria.com/distintos-tipos-herbicidas-cuando-aplicarlos/>
- Marrero, et al. (2012). Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 46(3), 52–71.
- Massot, F. (2018). Estrategias de rizoremediación de glifosato en suelos bajo explotación agrícola intensiva, 1–235. Retrieved from https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/80306/CONICET_Digital_Nro.6af331b2-9aad-4534-a5be-b861f9fd7b19_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

- Mellado. (2008). Diseño bloques al azar, (136), 1–25.
- Ministerio del ambiente. (2014). Guía para el muestreo de suelos. *Minam*, 72. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELO.pdf>
- Morera, J. (2007). Historia natural. *Medicina Clínica Monografías*, 8(7), 3–11. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.140031>
- Nishioka, K., & Hattori, N. (2007). The relationship between alpha-synuclein and Parkinson's disease. *Brain and Nerve*, 59(8), 825–830.
- Nivia, E. (1998). Efectos sobre la salud y el ambiente de herbicidas que contienen glifosato. Retrieved from <http://www.glifocidio.org/docs/impactos generales/ig1.pdf>
- Noguez, A. et al. (2017). Uso De Leguminosas (Fabaceae) En Fitorremediación. *Agroproductividad*, 10(4), 57–62. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=123370446&site=ehost-live>
- Ofori, D. A., Anjarwalla, P., Mwaura, L., Jamnadass, R., Stevenson, P. C., Smith, P., ... Slaton, N. (2020). ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS TÉCNICAS MIXTAS DE NANO-BIORREMEDIACIÓN EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS. *Molecules*, 2(1), 1–12. Retrieved from <http://clik.dva.gov.au/rehabilitation-library/1-introduction-rehabilitation%0Ahttp://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/as.2017.81005%0Ahttp://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?DOI=10.4236/as.2012.34066%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.pbi.201>
- Ordoñez, J., Abrahams, N., & Mendez, F. (2020). Efecto del glifosato en la salud reproductiva humana. *Grupo Epidemiología y Salud Poblacional, Universidad Del Valle; Centro de Derechos Reproductivos*, 1–209.
- Ortega, J. O., & Mejía, M. C. (2014). El medio ambiente y los recursos naturales. *Loreto: El Futuro de La Primera Capital de Las Californias*, 1–57. Retrieved from https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/1469/Jaureguizar_2004.pdf?sequence=3
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Paredes, P. D., & Rodríguez, J. J. (2020). *Revisión sistemática: especies vegetales en la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados. Universidad Andina del Cusco*. Retrieved from http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pedemonte, F. E. (2017). Problemática del uso de glifosato. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 63. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3011>
- Pedreras L, A. (2008). Malezas y su control en canola, lupino y arveja. *INIA-Quilamapu, N° 188*, 85. Retrieved from <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36469.pdf>
- Peñaherrera, L. (2013). Situación actual sobre el uso del glifosato en Ecuador. *Iniap*, (March 2013), 145-148. Retrieved from <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos compartidos/18429080413103109.pdf>
- Perdomo, N. A. C. (2010). Ciencia y sociedad Volumen XXXV , Número 3 proceso de integración de la gestión de la ciencia, LA (System to calculate the effectiveness and efficiency of the integration process of the science management , technological innovation and the environment i. *CIENCIA Y SOCIEDAD Volumen XXXV, Número 3 Julio-Septiembre 2010 SISTEMA*, 1.

- Prieto, G. M. (2010). Pautas para el manejo del cultivo de Arveja, 1–7.
- Probelte. (2020). Los fitorreguladores y el crecimiento de las plantas - Probelte. Retrieved November 26, 2021, from <https://www.probelte.es/noticia/es/los-fitorreguladores-y-el-crecimiento-de-las-plantas/185>
- Quiroz, A. (2005). Técnicas de Remediación Biológicas.
- Ramirez, et al. (2017). Residuos de plaguicidas organofosforados en suelos del municipio José María Vargas, Táchira-Venezuela. *Aibi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 7(1), 2–8. <https://doi.org/10.15649/2346030x.411>
- Rodriguez, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura FAO*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
- Rosales, E., & Esqueda, V. (2006). Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción, 17.
- Rossi, E. (2020). ESTUDIOS DE IMPACTOS POR GLUFOSINATO Naturaleza de Derechos 1, 1–40.
- Sáenz, et al. (2016). Las leguminosas (Leguminosae o Fabaceae): una síntesis de las clasificaciones, taxonomía y filogenia de la familia a lo largo del tiempo. *Universidad de León*.
- Salazar-López, N. J., & Aldana Madrid, M. L. (2011). Herbicida Glifosato: usos, toxicidad y regulación. *BIOTecnia*, 13(2), 23. <https://doi.org/10.18633/bt.v13i2.83>
- Salazar, N. J., & Aldana, M. L. (2011). Glyphosate Herbicide: uses, toxicity and regulation. *Revista de Ciencias Biológicas y de La Salud de La Universidad de Sonora*, 13, 23–28. Retrieved from <http://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/83>
- Sanchez, M. (1984). M. j. sánchez martín m. sánchez camazano los plaguicidas. adsorción y evolución en el suelo. *Temas de Divulgación*, 1, 15–33. Retrieved from <https://digital.csic.es/bitstream/10261/12919/1/plaguicidas.pdf%3B>
- Sapaico, Y. (2020). Efecto de la cal, materia orgánica y EM en el contenido de cadmio de un suelo contaminado en el centro poblado de Huancaní, distrito de Leonor Ordoñez, provincia de Jauja - 2019, 85. Retrieved from <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8166>
- Segoviano, J., & Tamez, G. (2014). Muestreo Estratificado. *Métodos y Técnicas Cualitativas y Cuantitativas Aplicables a La Investigación de Ciencias Sociales*, 438–457.
- Segura, M. E. M. (2020). AUTORA María Engracia Mendoza Segura ASESOR Honorio Eloy Munive Jáuregui.
- Sterren, M. A., Uhrich, W., & Benintende, S. (2016). Residualidad de glifosato en suelos de Entre Ríos y su efecto sobre los microorganismos del suelo. *Ecología Austral*, 26(3), 246–255. <https://doi.org/10.25260/ea.16.26.3.0.95>
- Vilches, A., & Pérez, D. G. (2013). Ciencia de la sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo / Sustainability Science: A New Knowledge Domain to which Chemistry and Chemistry Education are contributing - v24n2a4.pdf. *Educacion Quimica*, 24(2), 199–206. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v24n2/v24n2a4.pdf>
- Villalva, A. (2009). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14512426010>. *Ciencia, Docencia y Tecnología, Universidad Nacional de Entre Ríos Concepción Del Uruguay, Argentina*, XX(39), 169–186.
- Villamizar R., F. (1969). El cultivo de la alfalfa, 2 p.,il. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12324/20707>

Weather Spark. (2021). El clima en vergel, el tiempo por mes, temperatura promedio - Weather Spark. Retrieved November 21, 2022, from <https://es.weatherspark.com/y/19348/Clima-promedio-en-Cuenca-Ecuador-durante-todo-el-año>

Yagües, G. V. (2008). Cromatografía de gases. *Cromatografía*, 1–19.

Yaniz. (2007). Control de malezas en alfalfa con y sin defoliación en otoño, 9–11.

7 ANEXOS

Anexo 1. Fotografías



Imagen 1. Toma de muestras de suelo de la Parroquia San Joaquin



Imagen 2. Recolección de tierra de la parroquia San Joaqui para la experimentación.



Imagen 3. Herbicida Glifosato



Imagen 4. Macetas de 12cmx15cm.

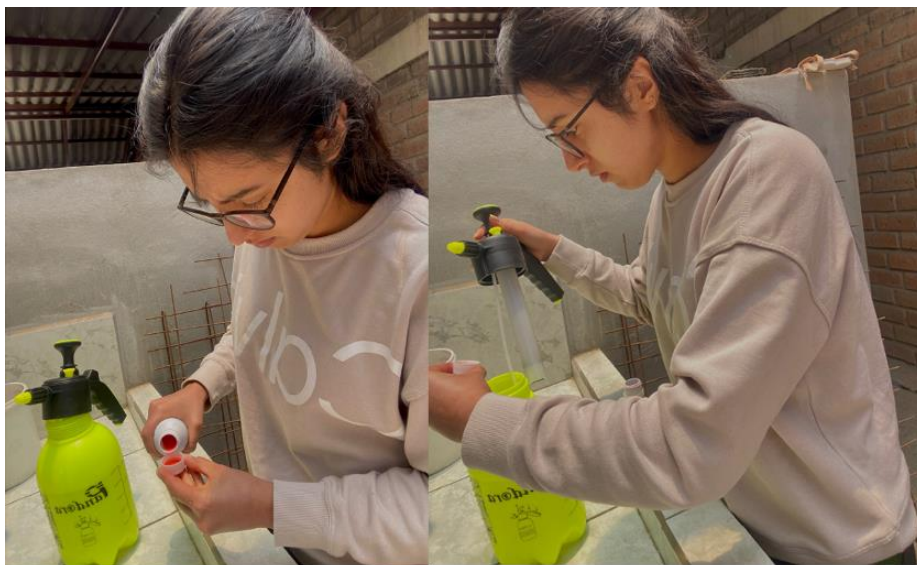


Imagen 5. Preparación para la fumigación con glifosato.



Imagen 6. Siembra de plantas para la experimentación.



Imagen 7. *Medicago sativa* y *Pisum sativum*.



Imagen 8. *Medicago sativa* y *Pisum sativum* de dos meses de crecimiento.



Imagen 9. *Pisum sativum* de dos meses de crecimiento.



Imagen 10. *Medicago sativa* de dos meses de crecimiento.



Imagen 11. Insertación de anclajes para *Pisum sativum*.



Imagen 12. *Pisum sativum* y *Medicago sativa* de tres meses de desarrollo.



Imagen 13. *Medicago sativa* de tres meses de desarrollo.



Imagen 14. *Medicago sativa* de tres meses de desarrollo.



Imagen 15. *Pisum sativum* de tres meses de desarrollo.

Anexo 2. Límite de cuantificación de glifosato en el suelo (Agro Control).

Lista de componentes y su límite de cuantificación en mg/kg

| Componente | Q | Método analítico | límite de cuantificación |
|-------------------------------|---|---------------------|--------------------------|
| Clormecuat, Mepiquat | | LC-MS/MS, A100 | 0.005 |
| Daminozida | | LC-MS/MS, A090 | 0.01 |
| Glifosato, Glufosinate, AMPA | | LC-MS/MS, A131 | 0.01 |
| Herbicidas de piridina | | LC-MS/MS | |
| Aminopiridid | | | 0.5 µg/kg* |
| Clopiralid | | | 0.5 µg/kg* |
| Fluroxipir | | | 0.5 µg/kg* |
| Picloram | | | 0.5 µg/kg* |
| Diquat, Paraquat | | LC-MS/MS, A133 | 0.01* |
| Metales pesados | | ICP-MS, A068 + A095 | |
| Arsénico | Q | | 0.05 |
| Bario | Q | | 0.5 |
| Cadmio | Q | | 0.01 |
| Cromo | Q | | 0.1 |
| Cobalto | Q | | 0.05 |
| Cobre | Q | | 0.5 |
| Mercurio | Q | | 0.01 |
| Plomo | Q | | 0.03 |
| Níquel | Q | | 1.5 |
| Estaño | Q | | 0.01 |
| Plata | Q | | 0.01 |
| Cinc | Q | | 0.5 |

Anexo 3. Resultados de los análisis del suelo contaminado





|  Groen Agro Control LABORATORIUM ONDERZOEK & ADVIES |  Groen Agro Control Distributieweg 1 2645 EG Delfgauw Países Bajos Tel: + 31 (0)15 2572511 Mail: info@agrocontrol.nl |  AGROLAB S. G. M. F. A. N. Y. SOLUCIONES ANALITICAS | Servicios Analíticos Agrolab Company S.A. Cda. Kennedy MZ. 36 Villa 19 GUAYAQUIL ECUADOR | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|--|---------------|-----------|------|-------|-------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|-------------|-------|-------|--|--|--|
| | Informe de análisis | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | INFORME | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Código de informe : C6329260 | Muestreador : no por GAC | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Código muestra : BGL2202111245 | Fecha muestreo* : 11-2-2022 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fecha recepción : 11-2-2022 | Código cliente : 9369 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fecha de inicio : 11-2-2022 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fecha de informe : 15-2-2022 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ubicación del cliente* : Servicios Analíticos Agrolab Company S.A. - Spanish | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Métodos utilizados : | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INFORMACIÓN DE LA MUESTRA* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Descripción : MUESTRA DE SUELO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| País de origen : Ecuador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Código cliente : EC2004809 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Marca : TERRAPRODUCTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Agricultor : MIREYA GUTIERREZ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Los resultados de este informe vienen dados sólo para la muestra analizada. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESULTADOS ANÁLISIS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"><thead><tr><th>Método</th><th>Compuesto</th><th>Unidades</th><th>Concentración</th></tr></thead><tbody><tr><td>Glifosato</td><td>AMPA</td><td>mg/kg</td><td>0.063</td></tr><tr><td>Glifosato</td><td>Glifosato</td><td>mg/kg</td><td>0.012</td></tr><tr><td>Glifosato</td><td>Glufosinato</td><td>mg/kg</td><td><0.01</td></tr></tbody></table> | Método | Compuesto | Unidades | Concentración | Glifosato | AMPA | mg/kg | 0.063 | Glifosato | Glifosato | mg/kg | 0.012 | Glifosato | Glufosinato | mg/kg | <0.01 | | | |
| Método | Compuesto | Unidades | Concentración | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Glifosato | AMPA | mg/kg | 0.063 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Glifosato | Glifosato | mg/kg | 0.012 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Glifosato | Glufosinato | mg/kg | <0.01 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Número de sustancias activas: 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Los compuestos y sus límites de cuantificación analizados mediante el correspondiente método, se encuentran en la lista de análisis de pesticidas de GAC Suelo y sustratos versión 3, www.agrocontrol.nl . | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Información proporcionada por el cliente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * <: no se ha detectado ningún residuo por encima del límite de cuantificación (LOQ) dado para este método. MRL: límite máximo de residuos. Los LMR mostrados se han compilado con el máximo cuidado en base a información pública. Groen Agro Control no se hace responsable de ningún error. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | El director  Dr. J.B.A. van Tol | | | | | | | | | | | | | | | | |
| La incertidumbre de medición estándar para los pesticidas es del 50%, según SANTE/12682/2019. Los términos de la entrega se depositan en la Cámara de Comercio de Haaglanden, nr. 27294457. La reproducción parcial de este informe solo está permitida mediante permiso por escrito. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C6329260 - 1 / 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Imagen 16. Análisis del suelo de la parroquia San Joaquin.

Informe de análisis

INFORME

Código de informe : C6329260 Muestreador : no por GAC
Código muestra : BGL2202111245 Fecha muestreo* : 9-5-2022
Fecha recepción : 10-5-2022 Código cliente : 9369
Fecha de inicio : 10-5-2022
Fecha de informe : 23-5-2022

Ubicación del cliente* : Servicios Analíticos Agrolab Company S.A. - **Spanish**
Métodos utilizados :

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA*

Descripción : MUESTRA DE SUELO
País de origen : Ecuador
Código cliente : EC2004809
Marca : TERRAPRODUCTOS
Agricultor : MIREYA GUTIERREZ

Los resultados de este informe vienen dados sólo para la muestra analizada.

RESULTADOS ANÁLISIS

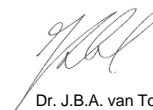
| Método | Compuesto | Unidades | Concen tración |
|---------------------------------|-------------|----------|----------------|
| Glifosato | AMPA | mg/kg | 0.22 |
| Glifosato | Glifosato | mg/kg | 0.12 |
| Glifosato | Glufosinato | mg/kg | >0.3 |
| Número de sustancias activas: 3 | | | |

Los compuestos y sus límites de cuantificación analizados mediante el correspondiente método, se encuentran en la lista de análisis de pesticidas de GAC Suelo y sustratos versión 3, www.agrocontrol.nl.

* Información proporcionada por el cliente

'>': se ha detectado residuos por encima del límite de cuantificación (LOQ) dado para este método. MRL: límite máximo de residuos. Los LMR mostrados se han compilado con el máximo cuidado en base a información pública. Groen Agro Control no se hace responsable de ningún error.

El director



Dr. J.B.A. van Tol

C6329260 - 1 / 1

La incertidumbre de medición estándar para los pesticidas es del 50%, según SANTE/12682/2019. Los términos de la entrega se depositan en la Cámara de Comercio de Haaglanden, nr. 27294457. La reproducción parcial de este informe solo está permitida mediante permiso por escrito.

Imagen 17. Análisis de la muestra de suelo contaminado para la experimentación.

Informe de análisis

INFORME

Código de informe : C6329260 Muestreador : no por GAC
Código muestra : BGL2202111245 Fecha muestreo* : 26-8-2022
Fecha recepción : 26-8-2022 Código cliente : 9369
Fecha de inicio : 26-8-2022
Fecha de informe : 12-9-2022

Ubicación del cliente* : Servicios Analíticos Agrolab Company S.A. - **Spanish**
Métodos utilizados :

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA*

Descripción : MUESTRA DE SUELO
País de origen : Ecuador
Código cliente : EC2004809
Marca : TERRAPRODUCTOS
Agricultor : MIREYA GUTIERREZ

Los resultados de este informe vienen dados sólo para la muestra analizada.

RESULTADOS ANÁLISIS

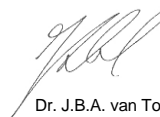
| Método | Compuesto | Unidades | Concen tración |
|---------------------------------|-------------|----------|----------------|
| Gilfosato | AMPA | mg/kg | 0.20 |
| Gilfosato | Gilfosato | mg/kg | 0.10 |
| Gilfosato | Glufosinato | mg/kg | >0.26 |
| Número de sustancias activas: 3 | | | |

Los compuestos y sus límites de cuantificación analizados mediante el correspondiente método, se encuentran en la lista de análisis de pesticidas de GAC Suelo y sustratos versión 3, www.agrocontrol.nl.

* información proporcionada por el cliente

>: se ha detectado residuos por encima del límite de cuantificación (LOQ) dado para este método. MRL: límite máximo de residuos. Los LMR mostrados se han compilado con el máximo cuidado en base a información pública, Groen Agro Control no se hace responsable de ningún error.

El director



Dr. J.B.A. van Tol
C6329260 - 1 / 1

La incertidumbre de medición estándar para los pesticidas es del 50%, según SANTE/12682/2019.
Los términos de la entrega se depositan en la Cámara de Comercio de Haaglanden, nr. 27294457. La reproducción parcial de este informe solo está permitida mediante permiso por escrito.

Imagen 18. Análisis de *Pisum sativum* después de la experimentación.

Informe de análisis

INFORME

Código de informe : C6329260 Muestreador : no por GAC
Código muestra : BGL2202111245 Fecha muestreo* : 26-8-2022
Fecha recepción : 26-8-2022 Código cliente : 9369
Fecha de inicio : 26-8-2022
Fecha de informe : 12-9-2022

Ubicación del cliente* : Servicios Analíticos Agrolab Company S.A. - **Spanish**
Métodos utilizados :

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA*

Descripción : MUESTRA DE SUELO
País de origen : Ecuador
Código cliente : EC2004809
Marca : TERRAPRODUCTOS
Agricultor : MIREYA GUTIERREZ

Los resultados de este informe vienen dados sólo para la muestra analizada.

RESULTADOS ANÁLISIS

| Método | Compuesto | Unidades | Concen tración |
|---------------------------------|-------------|----------|----------------|
| Glifosato | AMPA | mg/kg | 0.20 |
| Glifosato | Glifosato | mg/kg | 0.16 |
| Glifosato | Glufosinato | mg/kg | >0.29 |
| Número de sustancias activas: 3 | | | |

Los compuestos y sus límites de cuantificación analizados mediante el correspondiente método, se encuentran en la lista de análisis de pesticidas de GAC Suelo y sustratos versión 3. www.agrocontrol.nl.

* información proporcionada por el cliente

>: se ha detectado residuos por encima del límite de cuantificación (LOQ) dado para este método. MRL: límite máximo de residuos. Los LMR mostrados se han compilado con el máximo cuidado en base a información pública. Groen Agro Control no se hace responsable de ningún error.

El director



La incertidumbre de medición estándar para los pesticidas es del 50%, según SANTE/12682/2019.
Los términos de la entrega se depositan en la Cámara de Comercio de Haaglanden, nr. 27294457. La reproducción parcial de este informe solo está permitida mediante permiso por escrito.

Dr. J.B.A. van Tol
C6329260 - 1 / 1

Imagen 19. Análisis de *Medicago sativa* después de la experimentación.

Informe de análisis

INFORME

Código de informe : C6329260 Muestreador : no por GAC
Código muestra : BGL2202111245 Fecha muestreo* : 9-5-2022
Fecha recepción : 10-5-2022 Código cliente : 9369
Fecha de inicio : 26-8-2022
Fecha de informe : 12-9-2022

Ubicación del cliente* : Servicios Analíticos Agrolab Company S.A. - **Spanish**
Métodos utilizados :

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA*

Descripción : MUESTRA DE SUELO
País de origen : Ecuador
Código cliente : EC2004809
Marca : TERRAPRODUCTOS
Agricultor : MIREYA GUTIERREZ

Los resultados de este informe vienen dados sólo para la muestra analizada.

RESULTADOS ANÁLISIS

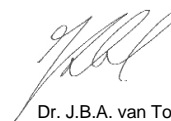
| Método | Compuesto | Unidades | Concen tración |
|---------------------------------|-------------|----------|----------------|
| Glifosato | AMPA | mg/kg | 0.21 |
| Glifosato | Glifosato | mg/kg | 0.12 |
| Glifosato | Glufosinato | mg/kg | >0.3 |
| Número de sustancias activas: 3 | | | |

Los compuestos y sus límites de cuantificación analizados mediante el correspondiente método, se encuentran en la lista de análisis de pesticidas de GAC Suelo y sustratos versión 3, www.agrocontrol.nl.

* información proporcionada por el cliente

>: se ha detectado residuos por encima del límite de cuantificación (LOQ) dado para este método. MRL: límite máximo de residuos. Los LMR mostrados se han compilado con el máximo cuidado en base a información pública, Groen Agro Control no se hace responsable de ningún error.

El director



Dr. J.B.A. van Tol

C6329260 - 1 / 1

La incertidumbre de medición estándar para los pesticidas es del 50%, según SANTE/12682/2019. Los términos de la entrega se depositan en la Cámara de Comercio de Haaglanden, nr. 27294457. La reproducción parcial de este informe solo está permitida mediante permiso por escrito.

Imagen 20. Análisis del testigo después de la experimentación.

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Amanda Mireya Gutierrez Contreras** portadora de la cédula de ciudadanía N.º 0106754245. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Fitorremediación de un suelo contaminado por glifosato mediante el uso de dos especies de plantas leguminosas en la provincia del Azuay”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **21 de diciembre de 2022**



F:.....

Amanda Mireya Gutierrez Contreras

0106754245