



**EVALUACIÓN DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE ENVASES DE  
AGROQUÍMICOS, Y SUS POSIBLES CONSECUENCIAS EN LOS SUELOS DE  
LA VEREDA LAVADERO DEL MUNICIPIO DE FÓMEQUE,  
CUNDINAMARCA.**

Daniela Guzmán Bejarano

Universidad El Bosque  
Facultad de Ingeniería  
Programa Ingeniería Ambiental  
Bogotá, 5 Noviembre del 2019

**EVALUACIÓN DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE ENVASES DE  
AGROQUÍMICOS, Y SUS POSIBLES CONSECUENCIAS EN LOS SUELOS DE  
LA VEREDA LAVADERO DEL MUNICIPIO DE FÓMEQUE,  
CUNDINAMARCA.**

Daniela Guzmán Bejarano

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Ambiental**

Director (a):

Liliana Figueroa del Castillo

Codirector (a):

Laura Cabezas Pinzón

Línea de Investigación:

Salud ambiental

Universidad El Bosque

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

2019

## **Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional**

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

*A mi madre Myriam y Hermano Juan David, por el apoyo y confianza otorgada durante la trayectoria de la carrera, además, de enseñarme afrontar las dificultades de la mejor manera.*

## **Agradecimientos**

A Dios por permitirme llegar hasta este eslabón en mi vida, porque sé que más cosas buenas me tiene preparado. A mi madre Myriam Bejarano y Hermano Juan David Guzman, por la invaluable ayuda brindada, por el amor recibido, paciencia, consejos y enseñanzas en el transcurso de mi vida.

A mi directora Liliana Figueroa del Castillo y codirectora Laura Cabezas, por el tiempo empleado, su dedicación, esfuerzo, paciencia, experiencia y motivación con la que hicieron que culminara con éxito mi proyecto, igualmente, a todas las personas que me colaboraron y me acompañaron, dejando de hacer sus tareas diarias, para poder realizar las visitas a terreno, las encuestas y la toma de muestra de suelos en la vereda Lavadero del municipio de Fómeque, Cundinamarca, con el fin, de contribuir en este estudio y lograr la finalización del presente trabajo de grado.

A la Universidad El Bosque, porque me permitió formarme y educarme en esta maravillosa carrera.

## Tabla de contenido

<b>Listado de tablas</b> .....	8
<b>Listado de figuras</b> .....	9
<b>Resumen</b> .....	10
<b>Abstract</b> .....	11
<b>Introducción</b> .....	12
<b>1. Planteamiento del problema</b> .....	13
<b>2. Justificación</b> .....	15
<b>3. Objetivos</b> .....	16
3.1. <i>General</i> .....	16
3.2. <i>Específicos</i> .....	16
<b>4. Marcos de referencia</b> .....	17
4.1. <i>Estado del arte</i> .....	17
4.2. <i>Marco conceptual</i> .....	22
4.3. <i>Marco teórico</i> .....	23
4.4. <i>Marco normativo</i> .....	26
4.5. <i>Marco geográfico</i> .....	31
4.6. <i>Marco institucional</i> .....	35
<b>5. Diseño metodológico</b> .....	37
5.1. <i>Enfoque de la investigación</i> .....	37
5.2. <i>Alcance de la investigación</i> .....	37
5.3. <i>Unidad de análisis</i> .....	38
5.4. <i>Muestra y población</i> .....	38
5.5. <i>Informante, número y calidad</i> .....	38
5.6. <i>Variables de la dimensión, variable, aspectos e indicadores de la investigación</i> .....	39
5.7. <i>Técnicas e instrumentos de la investigación</i> .....	39
5.7.1. <i>Técnicas e instrumentos para recolectar la información</i> .....	39
5.7.2. <i>Técnicas e instrumentos para sistematizar y analizar la información</i> .....	40
5.7.3. <i>Técnicas, instrumentos y metodologías para presentar, analizar e interpretar los resultados</i> .....	41
5.8. <i>Metodología por objetivos específicos</i> .....	43
5.8.1. <i>Objetivo específico 1</i> .....	44
5.8.2. <i>Objetivo específico 2</i> .....	45
5.8.3. <i>Objetivo específico 3</i> .....	48

5.9. Presupuesto .....	51
<b>6. Aspectos éticos .....</b>	<b>52</b>
<b>7. Resultados .....</b>	<b>53</b>
7.1. Objetivo específico 1 .....	53
7.2. Objetivo específico 2 .....	59
7.3. Objetivo específico 3 .....	62
7.4. Discusión .....	65
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>68</b>
<b>9. Recomendaciones.....</b>	<b>70</b>
<b>10. Referencias bibliográficas.....</b>	<b>71</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>77</b>
11.1. Anexo 1 .....	77
11.2. Anexo 2 .....	79
<b>12. Glosario de términos .....</b>	<b>84</b>

## Listado de tablas

Tabla 1. Decretos que rigen el manejo y prevención de los residuos de plaguicidas. ....	27
Tabla 2. Resoluciones que rigen los planes de devolución de productos de plaguicidas. ....	28
Tabla 3. Leyes que rigen para el recurso suelo en Colombia. ....	29
Tabla 4. Decretos que rigen para el recurso suelo en Colombia. ....	30
Tabla 5. Normas técnicas de gestión y calidad del recurso suelo. ....	31
Tabla 6. Relación de la dimensión, variable, aspectos e indicadores de la investigación. ....	39
Tabla 7. Relación de los objetivos específicos de la investigación con sus respectivas actividades, técnicas, instrumentos y resultados esperados. ....	42
Tabla 8. Identificación de puntos de muestreo de suelo en la vereda Lavadero, Fómeque. ....	47
Tabla 9. Criterios y valoración de la matriz de Conesa. ....	50
Tabla 10. Rango de importancia en la matriz Conesa. ....	51
Tabla 11. Presupuesto propuesto para el desarrollo del trabajo. ....	52
Tabla 12. Disposición final en el suelo según el tipo de fertilizante. ....	55
Tabla 13. Disposición Final en el suelo según la cantidad de envases de plaguicidas generados al año. ....	56
Tabla 14. Parámetros fisicoquímicos según el punto de muestreo en los suelos de la vereda Lavadero. ....	59
Tabla 15. Componentes de la textura en los puntos de muestreo de suelo. ....	60
Tabla 16. Evaluación mediante la metodología de Vicente Conesa de los impactos generados en la vereda Lavadero, respecto a la disposición final de envases de agroquímicos. ....	64

## Listado de figuras

Figura 1. Mapa de la ubicación geográfica de la vereda Lavadero en el municipio de Fómeque, Cundinamarca. ....	32
Figura 2. Mapa de suelos correspondientes a la vereda lavadero de Fómeque, Cundinamarca. ....	33
Figura 3. Mapa de fuentes hídricas en el municipio de Fómeque, Cundinamarca. ....	34
Figura 4. Organigrama de la alcaldía municipal de Fómeque, Cundinamarca. ....	35
Figura 5. Plan de trabajo para la elaboración del proyecto. ....	43
Figura 6. Mapa de la ubicación de las fincas encuestadas y puntos de muestreo en la vereda Lavadero. ....	45
Figura 7. Mapa de la ubicación de los puntos de muestreo de suelo según la pendiente. ....	46
Figura 8. Cantidad de envases generados al año según el tipo fertilizante. ....	54
Figura 9. Cantidad de envases generados al año según el tipo plaguicida. ....	55
Figura 10. Disposición final de envases de agroquímicos en el suelo de la vereda Lavado. ....	57
Figura 11. Zona donde han realizado quema de envases de agroquímicos en el punto de muestreo La Huerta. ....	57
Figura 12. Otro uso final que los agricultores le dan a los envases vacíos de agroquímicos. ....	58
Figura 13. Fotografías de la disposición final de envases de agroquímicos en el suelo. ....	58
Figura 14. Agricultores que han recibido capacitaciones acerca de la disposición final de envases de agroquímicos. ....	59
Figura 15. Relación de los parámetros pH y materia orgánica para los puntos de muestreo de suelo. ..	61
Figura 16. Parámetros densidad aparente y saturación de humedad según el punto de muestreo de suelo. ....	62

## Resumen

El municipio de Fómeque representa una gran importancia ambiental para la región teniendo en cuenta que la mayor parte de su extensión territorial está conformada por áreas de páramo y bosque alto andino, convirtiéndolo en un lugar apto para una la agricultura, zona de cultivos, de hortalizas, entre otros, sin embargo; la inadecuada disposición final de los envases que se usan como resultado del control de plagas y enfermedades (plaguicidas y fertilizantes) han deteriorado la calidad del suelo. Por ello, se desarrolló esta investigación mediante la aplicación de una encuesta a 33 agricultores residentes de la vereda Lavadero en Fómeque- Cundinamarca, constituida por 9 preguntas, las cuales buscaban obtener un primer diagnóstico de la situación actual del suelo y su manejo final de envases de agroquímicos, seguido, de un muestreo de suelos analizando propiedades fisicoquímicas como pH, densidad aparente, saturación de humedad, materia orgánica, carbono orgánico y textura, en suelo que han experimentado quemados o abandono de envases, por último, el análisis de los resultados obtenidos se hizo a través de la matriz de Conesa. En cuanto a los resultados, se obtuvo que las prácticas principales para la eliminación de envases fueron la quema y el abandono de los mismos, afectando las propiedades fisicoquímicas del suelo como una disminución en su materia orgánica y saturación de humedad, aumento de pH, y densidad aparente en los diferentes puntos de muestreo. Concluyendo, que el suelo presenta impactos moderados a severos, y resaltando la importancia de realizar una capacitación acerca del manejo final de envases de residuos agroquímicos, como un seguimiento y control de este.

Palabras clave: Plástico, Microplástico, Disposición final, Suelo, Envases

### **Abstract**

The municipality of Fómeque represents a great environmental importance for the region taking into account that most of its territorial extension is made up of high Andean moorland and forest areas, making it a suitable place for agriculture, crop areas, vegetables, among others, however; The final poor disposition of the containers used as a result of the control of pests and diseases (pesticides and fertilizers) have deteriorated the quality of the soil. Therefore, this research is found through the application of a survey of 33 resident farmers of the Lavadero village in Fómeque-Cundinamarca, consisting of 9 questions, which seeks to obtain a first diagnosis of the current soil situation and its final handling of packaging of agrochemicals, followed by soil sampling analyzing physicochemical properties such as pH, apparent density, moisture saturation, organic matter, organic carbon and texture, in soil that have experienced burning or abandonment of packaging, finally, the analysis of the results obtained was done through the matrix of Conesa. Regarding the results, obtain the main practices for the elimination of containers were burned and the abandonment of the same, affecting the physicochemical properties of the soil as a decrease in its organic matter and saturation of humidity and increase of pH and apparent density in the Different sampling points. In conclusion, the soil has a moderate to severe impact, and highlighting the importance of training about the final handling of agrochemical waste containers, such as monitoring and control.

Keywords: Plastic, Microplastic, Final disposal, Soil, Packagin

## Introducción

En el municipio de Fómeque, la producción de hortalizas es una de las actividades económicas más importantes, puesto que es la base de muchas familias agricultoras, pero a pesar de esto el suelo se ve afectado por las prácticas agrícolas que despliegan ciertas alteraciones en su calidad, debido a que se emplean insumos químicos para combatir plagas y enfermedades, generando una gran cantidad de envases de agroquímicos que en ocasiones cuentan con una incorrecta disposición de estos residuos peligrosos, puesto que, son almacenado en lonas o bolsas teniendo contacto directo con el suelo o en ocasiones son quemados, provocando diferentes problemas en el recurso suelo.

Por ello, se debe tener un control en la disposición final de los residuos peligrosos, pues es importante modificar la eliminación que le dan los agricultores a los envases plásticos de los plaguicidas y fungicidas, ya que son fabricados con materiales de difícil degradación, por lo que, es importante se efectuar una recolección por parte de los entes autorizados para que sean debidamente tratados cumpliendo la normativa establecida para evitar posibles afectaciones en las condiciones ambientales en especial del suelo.

Por tal razón, se buscó evaluar las consecuencia en las propiedades fisicoquímicas del suelo producto de la disposición final de envases de agroquímicos, donde fue necesario encontrar un primer diagnóstico que permitiera identificar aquellas prácticas que realizan los agricultores para la eliminación de los mismos, lo que conlleva a realizar un muestreo de suelo en cinco puntos diferentes de los cuales cuatro corresponden a suelos intervenidos por quema y abandono de plásticos, y un último perteneciente a un bosque natural, con el fin, de relacionar mediante la matriz de Conesa los resultados obtenidos en los procesos anteriores para encontrar el grado de intensidad del impacto que genera en los aspectos sociales y ecológicos.

Finalmente, el aporte del proyecto es el análisis de las consecuencias en las propiedades fisicoquímicas en relación a la disposición final de envases plásticos de agroquímicos, así como la elaboración de una cartilla práctica y sencilla, que cuenta con información actualizada de la disposición final de los envases utilizados por los agricultores, y el manejo final que se debe realizar, con el propósito, de no afectar de manera permanente el suelo, este instrumento pedagógico será base de información en la vereda Lavadero del municipio de Fomeque, además, de brindar un apoyo técnico para mejorar las prácticas en la disposición final de envases de agroquímicos, que como estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad El Bosque se cuenta con la capacidad de afrontar y resolver las diferentes problemáticas ambientales en especial las del suelo, a través, del compromiso social y técnico para dar una mejor gestión al medio ambiente.

## 1. Planteamiento del problema

En la actividad agrícola el uso de agroquímicos ha contribuido en la producción de los cultivos, así como en el control de plagas y enfermedades (Arévalo, Bacca, & Soto, 2014). A pesar de lo anterior la inadecuada disposición de envases de agroquímicos, generan ciertos impactos en el medio ambiente y la salud humana (Pacheco & Itatí, 2017), esto se debe a que en la mayoría de los casos los envases son fabricados con plástico (Wang, y otros, 2019), los cuales pueden sufrir una fotodegradación, debido a la exposición de la luz solar durante periodos prolongados, dando origen a pequeños fragmentos denominados microplásticos (Cole, Lindeque, Halsband, & Galloway, 2011), estos puede afectar el recurso suelo, debido a que pueden incorporarse en la capa superior cuando realizan la labranza (He, y otros, 2018), de igual forma, alteran el funcionamiento del suelo y la biodiversidad (Rillig, De Souza, Lehmann, & Klümper, 2019).

En el municipio de Fómeque, Cundinamarca la vocación de uso del suelo es agrícola y agroforestal, cuenta con 1.563 hectáreas dedicadas a cultivos lo que representa un 20% del área rural, (Alcaldía Municipal de Fómeque, 2016), donde una de sus principales actividades económica son los cultivos de diferentes hortalizas (Bayona & Muñoz, 2009), resaltando el tomate, que presenta 206 hectáreas de área sembrada y 131 hectáreas áreas cosechadas, lo que genera una producción de 14.584 toneladas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014), seguido de la habichuela que presenta 73 hectáreas de área sembrada y 65 hectáreas áreas cosechadas, lo que produce 982 toneladas al año (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015).

Los cultivos de tomate y habichuela se ven afectado por las condiciones de alta temperatura y humedad, generando diversas enfermedades y plagas que afectan la producción, en ese caso los agricultores hacen uso de diferentes insumos químicos, con el fin, de contrarrestar los daños en sus cultivos y obtener cosechas de calidad (Villasanti, 2013).

Por consiguiente, los envases de agroquímicos que son empleados en la producción agrícola, se convierten en residuos peligrosos debido a los materiales con los que son fabricados y su contenido químico (Campos, 2014), en algunos casos los plaguicidas se acumulan en la cobertura plástica del recipiente, mientras, que en otras ocasiones los envases con agroquímicos, se vuelven susceptibles a la fotodegradación generando partículas de plástico de menor tamaño en la superficie del suelo (Ling, y otros, 2018).

Por lo que, en la vereda Lavadero, los residuos como contenedores de sustratos, envases y empaques de agroquímicos, una vez llegan al final de su vida útil no cuentan con un lugar para la disposición, debido a que son depositados en el suelo o quemados a cielo abierto, contribuyendo a la degradación del paisaje y contaminación en el recurso suelo, adicionalmente, se ven alterados parámetros como densidad aparente, la capacidad de retención de agua y la relación funcional entre la actividad microbiana y los agregados estables al agua, producto de la contaminación por microplástico en el suelo (De Souza, y otros, 2018). De igual modo, unas de las consecuencias de la quema es la eliminación de la capa vegetal, el incremento de la erosión y la escorrentía, debido a las modificaciones en la estructura del suelo, puesto que se mineralizan parcialmente los horizontes orgánicos a causa de la temperatura, lo que genera un deterioro en la estabilidad de los agregados por la destrucción de la materia orgánica y las arcillas

Evaluación de la disposición final de envases de agroquímicos y sus posibles consecuencias en los suelos de la vereda Lavadero del municipio de Fómeque, Cundinamarca.

Daniela Guzmán Bejarano

minerales (De Luis, González, & Raventós, 2003), así mismo, se presentan cambios en las características físicas del suelo como en la textura, densidad y porosidad, producto de la incineración en el suelo (Soto, 2009).

## 2. Justificación

La contaminación blanca, es como se conoce actualmente a la contaminación que se deriva del uso excesivo de productos plásticos. Esta contaminación hace referencia a la acumulación masiva de residuos plásticos en el medio ambiente que generalmente se debe a la durabilidad de la vida útil, el uso insostenible y a la inadecuada disposición de estos (Wang, y otros, 2019).

Sumado a lo anterior, en el proceso de deterioro de los plásticos es común que se liberen sustancias tóxicas, que generalmente se caracterizan por ser resistentes a la degradación ambiental y por tanto tienden a acumularse en el suelo como en el agua. Para el año 2017, se estimó que en tierra se encuentra más de 300 millones de toneladas de microplástico acumulados, los cuales pueden cambiar la biomasa de las plantas, la composición elemental de los tejidos vegetales, los rasgos de las raíces y la actividad microbiana del suelo (Wang, y otros, 2019).

Mediante la elaboración del presente trabajo, se buscó conocer la repercusión en el suelo que causa la inapropiada disposición de envases de agroquímicos, y las posibles secuelas que puedan ocasionar en el ambiente, así mismo, generar recomendaciones para la adecuada disposición final de estos residuos de agroquímicos, donde se beneficien a los agricultores, permitiéndoles redescubrir la importancia del suelo y ayudándolos a entender su rol en los sistemas productivos (Salvo, 2015).

En la vereda Lavadero, no se realizan las medidas correspondientes para la eliminación, reciclaje y recuperación de los envases de agroquímicos (Cubides & Montaña, 2017), como se establece en el decreto número 1443 de 2004, el cual da las directrices para el control y prevención de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y residuos peligroso proveniente de los mismos (MinAmbiente, 2004), donde los residuos de plásticos como envases de agroquímicos, están ocasionando un problema en el ambiente, puesto que son depositados en el suelo o en las áreas cultivadas, y en ocasiones son quemados a cielo abierto, lo que genera alteración paisajística en los ecosistemas, así como afectaciones en la salud de las personas (Cubides & Montaña, 2017).

De acuerdo con lo anterior, los agricultores de la vereda Lavadero, se verán beneficiados con la elaboración del proyecto, puesto que, se generará información pertinente acerca del manejo final de los envases de agroquímicos y las consecuencias en el suelo producto de esa inadecuada disposición, generando un valor teórico- práctico debido a la escasez de estudios e información que se presenta en el municipio. Así mismo, cuenta con relevancia social en beneficio de una retribución económica por el mejoramiento de los procesos y mitigación de las consecuencias en el suelo productos de la incorrecta disposición final de envases de agroquímicos (Bayona & Muñoz, 2009), de esta manera se busca tener suelos saludables, puesto que son indispensables para obtener una seguridad alimentaria y proteger la biodiversidad (Wang, y otros, 2019).

Finalmente, es importante reducir la afectación en el suelo producto de la disposición final de envases de agroquímicos, donde se cuente con un espacio con condiciones seguras para la población y ambiente, con el fin, de facilitar la recolección para posteriormente realizar el manejo integral de estos residuos peligrosos (MinAmbiente, 2007). Como estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad El Bosque, que cuenta un enfoque biopsicosocial al servicio de la comunidad (Universidad El Bosque, 2018), se busca resolver las exigencias ambientales en especial del recurso suelo, ocasionadas por la inadecuada disposición final de envases de agroquímicos, a fin de asegurar la calidad y fertilidad del suelo.

### **3. Objetivos**

#### *3.1. General*

Evaluar la disposición final de los envases de agroquímicos y sus posibles consecuencias en los suelos de la vereda Lavadero del municipio de Fómeque, Cundinamarca.

#### *3.2. Específicos*

- Realizar un diagnóstico de la disposición final de envases de agroquímicos, entre los pobladores de la zona de estudio.
- Analizar parámetros fisicoquímicos del suelo que se ven afectados por la disposición final de envases de agroquímicos, con el propósito de conocer el estado actual de la zona de estudio.
- Relacionar el diagnóstico de la disposición final de los envases de agroquímicos con los parámetros fisicoquímicos obtenidos, para conocer las posibles consecuencias en el suelo.

## 4. Marcos de referencia

### 4.1. Estado del arte

Los suelos agrícolas están siendo afectados por la contaminación plástica, producto del uso de diferentes polímeros sintéticos empleados en la fabricación de invernaderos, microtúneles, acolchado o mulching, mallas para sombrero, envases y empaques de insumos químicos, todos utilizados en la producción agrícola con el fin de incrementar la calidad de los cultivos (Zenner & Peña, 2013), lo que genera problemas en la salud del suelo y la seguridad alimentaria (Brodhagen, y otros, 2017), esto se debe a que el plástico no se degrada fácilmente y persiste durante un tiempo prolongado en el suelo bajo la formación de residuos más pequeños denominados microplásticos (Bläsind & Amelung, 2018), los cuales se fragmentan en la superficie del suelo a causa de la radiación UV y las elevadas temperaturas (Chae & Joo An, 2018), estos microplásticos se vuelven parte de una mezcla compleja de materia orgánica y sustituyentes minerales, puesto que pueden ser incorporados en la capa superior del suelo o debajo de la capa de arado a lo largo de las grietas, mediante el labrado de la tierra o por bioturbación<sup>1</sup> (Bläsind & Amelung, 2018), igualmente, pueden transportarse a las capas más profundas de la tierra por las actividades de organismos del suelo como lombrices, insectos y hasta las mismas plantas (Chae & Joo An, 2018).

En un estudio realizado por De Souza et al. (2018), donde buscaban examinar el potencial de los microplásticos al alterar las relaciones vitales entre el suelo y el agua, emplearon un suelo arenoso arcilloso, proveniente de Berlín, el cual se le agregó cuatro tipos de microplásticos (fibras de poliacrílico, cuentas de poliamida, fibras de poliéster y fragmentos de polietileno), encontrando que las partículas de plástico afectaron la densidad aparente del suelo, debido a que el plástico es menos denso que algunos minerales naturales del suelo, por otro lado, las fibras de poliéster afectaron la capacidad de retención de agua, pues un aumento en esta propiedad puede ocasionar que la humedad del suelo y la evapotranspiración se vean alteradas, adicionalmente, no se observaron cambios significativos en la conductividad eléctrica, del mismo modo, se analizó que los microplásticos afectaron la estructura del suelo generando que los agregados estables al agua disminuyeran, por último, los autores señalaron que los impactos en el ambiente y la función del suelo, podrían ser resultado físico del cambio entre la estructura y sus efectos en la interacción agua- suelo y la función microbiana.

Sin embargo, esta no es la única afectación que se presenta en el suelo por contaminación plástica, pues los envases de agroquímicos una vez han sido utilizados por los agricultores, son eliminados mediante diferentes prácticas que están siendo un inconveniente para el medio ambiente y la salud humana (Montoya, Restrepo, Moreno, & Mejía, 2013).

Los residuos plásticos empleados en la producción agrícola, una vez llegan al final de su vida útil son eliminados mediante la incineración, destinándolos en el suelo o abandonándolos en cuerpos de agua, lo anterior se evidencia en Andalucía, España, donde el 40% de los residuos plásticos generados en los

---

<sup>1</sup> Bioturbación es el transporte de partículas de sedimento y agua de poro que destruye la estratigrafía de sedimento, altera los perfiles químicos, cambia las tasas de reacciones químicas y el intercambio de sedimento y agua, y modifica las propiedades físicas del sedimento, como el tamaño del grano, la porosidad y la permeabilidad. Enciclopedia de Ciencias del Océano (Segunda Edición), 2009.

invernaderos no reciben tratamiento para la disposición final, esto se debe al inadecuado almacenamiento y recolección de estos residuos por parte de los agricultores, generando que los abandonen en los cuerpos de agua y suelo, o en ocasiones se decidan por quemarlos (Blázquez, 2003).

Ecuador no es ajena a esa problemática, pues en un estudio realizado en Cantón Quero, provincia de Tungurahua, situada en el centro del país, el autor Gavilanes (2014), expresa que el ambiente se ve afectado por la acumulación de envases de plaguicidas generando contaminación del suelo al ser incorporados en este, consecuencias en el aire al ser quemados y efectos en el agua al desecharlos en los canales, resultado de la desinformación por parte de los agricultores y el desinterés de los distribuidores para la recolección de los envases vacíos de agroquímicos, por lo anterior, realizó una encuesta a 196 agricultores de los sectores Yanayacu, Rumipamba, Llimpe, San Vicente, Puñachizac, El placer, Hualcanga, Sabañag pertenecientes a la cabecera cantonal Quero; donde encontró que 68% de los encuestados no conoce para qué sirven los envases de plaguicidas, esto se debe a la falta de campañas informativas dirigidas a los agricultores de la zona, de igual forma, halló que el 98% dice que los envases de plaguicidas causan daños al medio ambiente, lo que indica que la población tienen conciencia con respecto al tema pero por falta de políticas gubernamentales no se realiza la recolección de esos envases vacíos de plaguicidas, el siguiente resultado encontrado fue que el 78% de los agricultores encuestados son conscientes que los envases de plaguicidas causan deterioro en el suelo, el 97% dice que los envases de plaguicidas afectan los ríos, agua de vertientes y acequias, de igual forma, se les preguntó por la disposición de envases de plaguicidas después de utilizarlos, donde el 39% respondió que los deja en el campo, el 26% los quema a cielo abierto y el 18% los entierra, analizando que los agricultores no toman medidas para el manejo final de los envases lo que se convierten en un problema para el ambiente y salud de las personas; por otro lado, se encontró que el 78% de los agricultores nunca realizan triple lavado ni perforan los envases de plaguicidas, además, nunca los devuelven al proveedor debido a que no cuentan con una política de recolección por parte de los fabricantes o normas que obliguen a la disposición final adecuada de los envases de plaguicidas.

Otro caso que se presentó en Ecuador, fue en la provincia de Galápagos, donde no existe una gestión para los envases vacíos de plaguicidas de uso agrícola, por lo que, se evidenció contaminación ambiental y visual en la zona de producción rural, el estudio realizado por Espín (2018), se orientó a analizar el control que realiza el estado respecto a los envases vacíos generados en el sector El Cascajo de la Isla Santa Cruz, puesto que es la zona de mayor producción agrícola lo que genera un mayor uso de plaguicidas en los cultivos, estos envases vacíos ocasiona efectos negativos en la fauna y flora endémica de la isla por lo que no se deben incinerar, enterrar o dejar en el suelo, adicionalmente, se reflejó que los agricultores no siguen las directrices técnicas para la disposición final de envases vacíos de plaguicidas acorde a lo establecido por la norma y aún menos siguen la indicaciones dadas por los técnicos que brindan asistencia a los productores.

El estudio desarrolló entrevistas y encuestas a 23 agricultores que hacen parte de una asociación de productores en una población de 120 habitantes y a los 4 distribuidores de agroquímicos en la zona, además, se realizó un muestreo de suelo en dos puntos, donde se analizó la presencia o ausencia de residuos de plaguicidas organoclorados, organofosforados y carbamatos dentro la composición química del suelo. De acuerdo, con los resultados encontrados en la encuesta a los agricultores se resaltó los tres plaguicidas (Glifopac, Diametoxan y Acetamiprid) más empleados en sus producciones, la siguiente

pregunta corresponde a la frecuencia que utiliza plaguicidas en las sus fincas, donde el 50% hace uso de plaguicidas con preferencia quincenal, el siguiente dato hallado fue que el 52% ha recibido capacitaciones acerca del uso y manejo de plaguicidas pero no respecto a la gestión de envases vacíos de insumos químicos, estas capacitaciones son realizadas una vez al año por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador, en el siguiente interrogante el 74% de los agricultores generan mensualmente entre 6 a 10 envases vacíos durante sus actividades agrícolas, en cuanto a la disposición final de esos envases de plaguicidas, el 48% se los entrega al recolector de basura orgánica el único que pasa por el sector, mientras que un 21% los abandona en el campo y el 14% los devuelve al proveedor, así mismo se encontró el 91% de los agricultores no conocen la normativa lo que indica que hace falta difusión y capacitación de esta, igualmente, se le preguntó si los distribuidores de agroquímicos les solicita los envases vacíos, donde el 70% respondieron que no les indican que deben realizar un retorno de estos residuos, por último, se encontró que el 61% de los agricultores considera que los envases vacíos de plaguicidas afectan altamente la naturaleza (Espín, 2018).

Por otro lado, en las encuestas realizadas a los distribuidores de la zona, se halló que el 50% lleva entre 1 a 5 años comercializando agroquímicos, adicionalmente, se encontró que el 45% vende plaguicidas de categoría II, así mismo, los distribuidores manifestaron que existe control sobre los envases vacíos de plaguicidas en los almacenes, pero a pesar de esto hace falta seguimiento y apoyo en el retorno de los envases, otro dato encontrado, fue que el 75% de los distribuidores han sido capacitados por parte de la entidad correspondiente acerca de la gestión de envases vacíos de agroquímicos, sin embargo, no conocen la normativa relacionada a la gestión de los mismos, se halló que el 50% solicita al agricultor el retorno de los envases, mientras, que los otros no lo exigen, encontrando que el 50% de los distribuidores indican que de cada 10 plaguicidas vendidos retornan un envase, estos son recolectados en una bodega o en un contenedor plástico, y posteriormente los devuelve al proveedor, finalmente, todos los distribuidores respondieron que la afectación en la naturaleza es alta producto de los envases de agroquímicos. Respecto al muestreo de suelo, se identificó mediante cromatografía de gases de masa dobles que el suelo no presenta residuos de plaguicidas, finalmente, se planteó un plan de contingencia para la gestión de envases vacíos de plaguicidas en el recinto el Cascajo y su disposición final, con el fin, de reducir los riesgos a la salud, especies nativas y endémicas de la provincia de Galápagos, por lo que fue necesario un monitoreo a los agricultores y distribuidores, así como capacitaciones encaminadas a la gestión de envases vacíos de plaguicidas y por último un seguimiento y control de los avances en la ejecución del plan de contingencia (Espín, 2018).

Otro medio de eliminación de residuos plásticos que emplean los agricultores es la quema que es una práctica utilizada en las actividades agrícolas, permitiéndoles tener control de las malezas, y la eliminación de desechos agrícolas después de la cosecha (Cáceres, 2018), en México, la quema agrícola es una práctica común, que a largo plazo presenta una disminución de la fertilidad, destrucción de la capa vegetal y pérdida de la humedad de suelo, generando una disminución en el rendimiento de los cultivos, así como la desaparición de microorganismos benéficos para el suelo (Ize, 2014).

En el estudio realizado por Cáceres (2018), en Huancayo, Perú, evaluó el efecto de la quema de vegetación en las propiedades físicas y químicas del suelo, puesto que la quema es una técnica empleada en las actividades agrícolas con el fin de eliminar desechos después de una cosecha y controlar la maleza, de igual manera, se utiliza en la ganadería para remover el forraje que ha llegado a la madurez y no fue

consumido por los animales; por ende se evaluó un suelo con quema y otro sin quema, los dos a diferentes profundidades 0-5 cm y de 5-10 cm; encontrando que la quema de vegetación no alteró el contenido de arena en los suelos evaluados, mientras que, el contenido de limo en las dos profundidades analizadas disminuyó en comparación con el suelo sin quema, y el contenido de arcilla no varió en los suelos estudiados. Para la densidad aparente, se notó un incremento en el suelo con quema, esto se debe a la reducción de los poros en las primeras capas del suelo, en cambio, en las propiedades químicas en este caso el pH, no presentó cambios significativos esto se debe a la acidez que presenta el suelo, puesto que, las cenizas generadas en la quema no aumentan las bases y el pH; para la conductividad eléctrica mostró valores bajos indicando la ausencia de sales solubles en los suelos estudiados, con respecto a la materia orgánica, esta aumento en los suelos con quema en las dos profundidades lo que se debe a la combustión incompleta de la vegetación y a las partículas de carbono orgánico, por otra parte, el fósforo disponible mostró que la quema no tuvo efecto para algún incremento en el suelo, mientras, que el potasio si aumentó en los suelos que han experimentado quema, a causa de la liberación de potasio en los materiales orgánicos que han sido transformados en ceniza, de igual forma, en la capa superficial se incrementa la fracción de limo que contiene minerales primarios como feldespatos y micas, que son fuentes de potasio; la capacidad de intercambio catiónico (CIC), aumentó en los suelos con quema, en cambio la saturación de bases mostró que la quema no influyó en el suelo, esto pudo suceder por la intensidad del fuego o la quema incompleta de vegetación, la acidez intercambiable (AI) no presentó cambios estadísticos significativos entre los suelos analizados lo que se le atribuye a los bajos tenores de AI, finalmente, se recomendó realizar actividades educativas para sensibilizar a los agricultores acerca de las prácticas con quema y sus efectos, además, de tener un monitoreo por parte de las entidades gubernamentales con el fin de evitar realizar quemas en la vegetación.

A nivel nacional se encuentra un estudio realizado en el año 2017 en los municipios de Líbano y Casabianca, donde describen la quema controlada como una práctica muy empleada en esa zona del Tolima, donde utilizan el fuego como medio para preparar el terreno hacia la siembra y así mismo eliminar algunas plagas que quedan de la cosecha, pero esta técnica ocasiona degradación en el suelo y pérdida de materia orgánica, en cuanto a los resultados obtenidos en la investigación, se encontró que las propiedades físicas evaluadas (densidad aparente, infiltración y porcentaje de humedad) sufrieron cambios en los parámetros asociados al almacenamiento y movimiento del agua dentro del perfil del suelo, por otro lado, en las propiedades químicas como el pH, se evidenció un aumento en la acidez, producto de la reducción de microorganismos esto se debe a la adición de ceniza, oxidación rápida de la materia orgánica incinerada y reducción de la humedad del suelo, para el carbono orgánico no se presentaron cambios en los suelos estudiados, mientras que, para el nitrógeno total, se encontró que fue mayor en los suelos que han sido quemados, finalmente, las propiedades biológicas evaluadas, se determinó que la tasa de respiración es baja en suelos sin quema, lo que se dice que son buenos retenedores de carbono, dependiendo de la entrada de materia orgánica y los mecanismos naturales de estabilización del carbono en el ecosistema, para la macrofauna se tuvo una disminución de las poblaciones en los suelos que estuvieron expuesto al fuego, especialmente, la fauna de insectos presentes en el cultivo de café, en definitiva, los autores concluyeron que el efecto del fuego sobre el suelo es variable, esto se debe a la severidad, calidad e incorporación de la cenizas en el ecosistemas, además, de la frecuencia con que se realice las quemas (Sandoval & Suárez, 2017).

Por otro lado, en Nobsa, Boyacá, se realizó una evaluación del impacto ambiental que genera los residuos peligrosos en el sector agrícola, pues en la vereda Chámeza no cuenta medidas que direccionen la eliminación, reciclaje o recuperación de los envases fitosanitarios, para esto fue necesario utilizar encuesta, listas de chequeo y una matriz de evaluación de impacto ambiental (Metodología Conesa) en los componentes de flora, fauna, suelo, ámbito social, agua y aire, las cuales fueron desarrolladas con entrevistas a la población y observación directa a los cultivo de cebolla, encontrando que el impacto más significativo corresponde a la contaminación del suelo por el uso de agroquímicos, seguido de los impactos de importancia moderada que son agotamiento de los recursos naturales, modificación en la capa orgánica del suelo, desplazamiento de la fauna y destrucción de microorganismos y la incidencia en la composición florística, por otro lado, se realizó una caracterización de los residuos teniendo en cuenta área cultivada, fuentes de generación, cantidad de residuos generados en la cosecha, de acuerdo al inventario realizado se encontró que envases de plásticos, bolsas, lonas, y vestuario de trabajo, no están siendo depositado de forma adecuada sino que por el contrario están siendo mezclados con los demás residuos, resultado de la ausencia de capacitaciones y asesorías acerca del manejo de residuos plásticos de agroquímicos, posteriormente, se desarrollaron 15 fichas de manejo ambiental correspondiente a los temas de educación ambiental, seguridad y salud en el trabajo, sistemas de recolección de aguas de escorrentía, sistema de riego por goteo, sistema de control de derrames y fugas de agroquímicos, implementación de triple lavado, almacenamiento temporal de envases, manejo integral de plaguicidas, creación de puntos ecológicos, transformación de residuos orgánicos, revegetación y rotación de cultivos, implementación de barreras vivas, calibración de fumigadora y por último, mantenimiento de motobomba y tractor; finalmente, se planteó un plan de sensibilización para 20 agricultores de la zona, donde se les explicó acerca del manejo integral de los residuos de agroquímicos, las medidas de seguridad para el uso y aplicación de agroquímicos en sus cultivos (Cubides & Montaña, 2017).

Finalmente, la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio) en el 2017, desarrolló un plan de gestión integral de residuos peligrosos (PGIRESPEL), donde incluía a todos los municipios de su jurisdicción, es decir, Gachalá, Gama, Junín, Ubalá, Gachetá, Guasca, Fómeque y Medina, analizando todos los residuos peligrosos generados en los diferentes sectores como el agropecuario, el de mantenimiento vehicular, minero-energético y de salud, con el fin, de elaborar estrategias que mitiguen las afectaciones generadas por el manejo y disposición final de esos residuos peligrosos, además, de realizar campañas de sensibilización acerca de la gestión de esos residuos peligrosos, donde se llevó acabo en los municipios de Guasca, Gachetá, Gama, Ubalá, Junín y Gachalá. Para efecto del presente estudio, se mencionará solo el diagnóstico realizado en el sector agrícola al municipio de Fómeque donde efectuó un diagnóstico de los residuos peligrosos (Respel) en el municipio de Fómeque (Corpoguavio, 2017).

El municipio de Fómeque presenta cultivos transitorios de tomate, habichuela y pimentón, que se caracteriza por presentar un desarrollo vegetativo o crecimiento menor a un año, por ende, el agricultor realiza 1 ó 2 cosechas al año según el tipo de cultivo, de modo que, emplean una gran cantidad de envases con productos químicos como herbicidas, insecticidas, fungicidas y fertilizante, los cuales al final de su uso se convierten en residuos peligrosos (Corpoguavio, 2017).

De acuerdo con Corpoguavio (2017), quien realizó una encuesta a 93 fincas del municipio, respecto al manejo que le dan a esos residuos peligrosos, encontraron que el 58% entrega esos envases de

agroquímicos a un operador autorizado, el 22% los entrega el día de la recolección previamente separados, el 9% los quema a cielo abierto, el 4% los entrega como residuos ordinarios, el 6% los separa y entrega el día de recolección pero al no ser recolectados procede a quemarlos y el 1% los abandona en el suelo. Además, se encontró que el 100% niega haber recibido capacitación por parte del estado o empresas privadas acerca del manejo de residuos de envases de agroquímicos.

#### *4.2. Marco conceptual*

Es importante mencionar diferentes términos que son base para comprender el trabajo, como lo es la disposición final que de acuerdo a al decreto 4741 del 2005, se refiere al proceso de aislar y confinar los residuos peligrosos, en especial los no aprovechables, en lugares seleccionados, diseñados y autorizados, para evitar la contaminación y daños o riesgo a la salud humana (MinAmbiente, 2005), por ende, se define residuos peligrosos aquellos que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas pueden causar efectos no deseados, directos o indirectos a la salud humana y del ambiente, estos residuos son generados a partir de actividades industriales, agrícolas, de servicios y en ocasiones domésticas, se tiene en cuenta que los envases, empaque y embalajes que estuvieron en contacto con ellos son considerados residuos peligrosos (SIAC, si.f.), para efecto de este trabajo se tendrá presente el concepto de envases, puesto que son parte del eje principal de la investigación, estos son definidos por la resolución 1675 de 2013, como aquellos recipientes que contiene el producto para protegerlo o conservarlo, y así facilitar su manipulación, almacenamiento y distribución, además, de que presentar etiqueta (MinAmbiente, 2013).

En ocasiones los envases son fabricados con materiales plásticos, que hace parte de un grupo de compuestos orgánicos denominados polímeros, que están conformados por cadenas largas de macromoleculares que contienen en su estructura carbono e hidrógeno, este material se obtiene mediante reacciones químicas entre diferentes materias primas de origen natural o sintético (MinAmbiente, 2004), se caracterizan por una alta relación en la resistencia y densidad, cuenta con propiedades de aislamiento térmico y eléctrico, además, de una buena resistencia los ácidos, álcalis y disolventes (Díaz F. , 2012).

Adicionalmente, Frias & Nash (2019), proponen la siguiente definición para microplástico que es cualquier partícula sólida sintética o matriz polimérica, con forma regular o irregular y con un tamaño que varía de 1µm a 5mm, de fabricación primaria (producidos para ser de dimensiones microscópicas) o secundaria (resultantes de procesos de degradación y fragmentación en el medio ambiente), que es insoluble en el agua.

Otro término relevante es agroquímico, que se refiere a la sustancia o mezclas de sustancias destinadas a controlar o evitar la acción de plagas agrícolas, regular el crecimiento de la planta, y proteger del deterioro los productos cosechados, estos pueden ser clasificados en plaguicida (fungicidas, insecticidas, herbicida, otros) y fertilizantes (Pacheco & Itatí, 2017).

Es así como a través de la evaluación de la disposición final de envases de agroquímicos, se conocerá las consecuencias en el suelo el cual es un cuerpo natural que comprende a sólidos (minerales y materia

orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie de la tierra, que ocupa un espacio y que se caracteriza por uno o ambos horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas en un ambiente natural (Soil Survey Staff, 2014).

Donde se puede ver afectada la calidad del suelo, definida como la capacidad de funcionar de un específico tipo de suelo, es evaluada midiendo un grupo mínimo de datos de propiedades del suelo para estimar esa capacidad, asimismo, abarca los componentes físicos, químicos, y biológicos del suelo y sus interacciones (USDA, 1999).

#### *4.3. Marco teórico*

Los envases de plástico que contienen plaguicidas u otras sustancias químicas para uso agrícola generalmente son fabricados de polietileno de baja densidad (bolsas de agroquímicos), mientras, que las botellas, bidones y cubetas son elaboradas de polietileno de alta densidad (Secretaría del Convenio de Estocolmo, 2007), de acuerdo a los materiales empleados en la industria química para la elaboración de envases y empaque se debe contar con ciertas directrices para el manejo integral de estos residuos, la primera etapa es el triple lavado, esta se realiza una vez se haya empleado todo el agroquímico, esta acción consiste en enjuagar el envases con agua por tres veces, aprovechando en su totalidad el producto y evitando riesgo en la salud humana y el ambiente. Los pasos para realizar el triple lavado son:

- Escurrir: Desocupar en totalidad el envases o empaque de agroquímico.
- Adicionar: Agregar agua hasta un cuarto de su volumen.
- Tapa y agitar: Cerrar el envase o empaque y agitarlo durante 30 segundos.
- Agregar: Depositar el enjuague dentro la bomba de fumigación o en el tanque de la preparación de para la fumigación o fertilización.
- Repetir los pasos anteriores (ANDI, 2003).

La siguiente etapa es la inutilización para esto se debe realizar una acción de corte, perforado o compactado en los envases plásticos, impidiendo que posteriormente sean usados, sin destruir la etiqueta. Adicionalmente, los empaques no necesitan otro tipo de inutilización fuera de la apertura ya realizada a la hora de evacuar el producto (ANDI, 2003).

La tercera etapa es la separación de los residuos plásticos, para esto es necesario que los envases cumplan con los dos pasos anteriores, además, de tener las tapas separadas; los envases deben ser empacados en sacos, tulas, bolsas totalmente selladas y marcadas con el fin de ser identificadas, la siguiente etapa es el acopio de residuos de agroquímicos, para esto el espacio asignado debe estar acondicionado de manera segura contra incendios, derrames, entre otros, es importante que cuente señalización de seguridad, pisos y diques de contención, instalaciones sanitarias y no estar cercano a viviendas o establecimiento de

producción y almacenamiento de comida. Este acopio de residuos se realiza con el objetivo de ser devueltos a los fabricantes o importadores de agroquímicos (ANDI, 2003). La recolección en las bodegas se debe realizar cada dos meses de acuerdo con lo establecido con la entidad o gremio autorizado (ANDI, 2003).

La última etapa es la devolución de los envases, empaques y embalajes de agroquímicos, al fabricante o importador que tiene la responsabilidad de contar con un Plan de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo, en el que cuente con normas, acciones y procedimientos que faciliten la devolución y acopio de residuos que al ser desechados se convierte en residuos peligrosos, para que sean llevados a instalaciones con procesos que permitan su aprovechamiento y disposición final controlada (ANDI, 2003).

Tenido en cuenta las etapas posteriores al manejo como almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, valorización y disposición final, de residuos de posconsumo de plaguicidas son responsabilidad del fabricante o importador, donde deben ser ejecutadas con gestores autorizados mediante licencia ambiental, permisos autorizaciones o algún instrumento de manejo y control ambiental, por parte la autoridad competente; de acuerdo a la resolución 0970 de 2001, se establece los requisitos, condiciones y límites máximos permisibles de emisión, bajo los cuales se realiza la eliminación de plástico contaminado con agroquímicos en hornos de producción de clinker, las empresas generadoras y cementeras, deberán llevar un registro del origen y volumen de los plásticos, así como un resultado de la emisiones generadas al medio ambiente, otra práctica alternativa es procesar el picado de envases en un tratamiento de reciclaje donde elaboran elementos de plástico en el campo o envases para productos que no sean de consumo (ANDI, 2003).

Las actividades de sensibilización se desarrollan en conjunto con los comercializadores de plaguicidas, gremios, alcaldías, entre otros con el fin de informar y sensibilizar acerca del manejo integrado de residuos de agroquímicos y finalmente, realizar el seguimiento y control de las actividades realizadas en el Plan de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo (ANDI, 2003).

En Colombia se encuentra la Corporación Campo Limpio, desde el 2008, la cual es una entidad sin ánimo de lucro fundada por las empresas afiliadas a la Cámara Procultivos de la ANDI, que desarrolla actividades de los planes de gestión de devolución de productos de posconsumo de plaguicidas, donde se capacita a los agricultores en el manejo de envases para la disposición final, adicionalmente, brindan asesoría para la infraestructura del centro de acopio y la recepción de los envases, y por último le da un tratamiento final a esos envases vacíos de plaguicidas (Corporación Campo limpio, s.f.).

En cuanto a los efectos de los plásticos en el suelo, la afectación sucede cuando se encuentran en etapa de desintegración (Boza, Mendoza, & Tachong, 2018), puesto que eliminan algunas partículas como los microplástico, que cuando ingresan al suelo pueden persistir, acumularse y afectar a los organismos y biodiversidad perteneciente al suelo, además, pueden actuar como un vector de transferencia de contaminantes, debido a los aditivos plástico u otros elementos tóxicos que lo compone, puesto que son absorbidos por las matrices del suelo a la biota del mismo (He, y otros, 2018).

Con respecto, a la densidad aparente se relaciona con la calidad física del suelo y la capacidad de rotación, puesto que a mayor densidad aparente podría reducir el crecimiento de las raíces, en cuanto, a los

agregados estables al agua una disminución de estos ocasiona un bajo rendimiento en la estructura del suelo puesto que reduciría la diversidad de microambientes del suelo, los microplásticos debilitan los agregados estables al agua y la fracción de suelo que los forma (De Souza, y otros, 2018).

Por otro lado, la información para aspectos relacionados a las modificaciones en las propiedades fisicoquímicas del suelo producto de la quema de plástico es limitada, por lo que, al incinerar envases plásticos y recipientes contaminados con productos químicos del sector agrícola, se consideran fuente potencial de la formación de dioxinas, las cuales una vez son emitidas se absorben con facilidad en las superficies de partículas de polvo de aire, partículas del suelo, sedimentos, lodos, entre otros, estas dioxinas cuentan con características de baja solubilidad, baja volatilidad y elevada capacidad de absorción en partículas y superficies, las cuales han contribuido a la acumulación en el suelo, además, mediante procesos físicos como lixiviación, volatilización y arrastre por agua, influyen en la pérdida de estos contaminantes en el suelo (Frejo, Lobo, Garcia, & Díaz, 2011).

La quema de contaminantes ocasionan y da lugar a la pérdida de la fertilidad del suelo, disminución del rendimiento en las cosechas y sumado a esto, trae afectaciones en los seres humanos y medio ambiente, de igual forma, se presentan algunos efectos adversos sobre las plantas, minerales tóxicos en el suelo disponible para ser absorbidos, y también conduce a un deterioro de la estructura del suelo por la pérdida del contenido de materia orgánica y de nutrientes minerales del suelo como potasio, sodio, sulfato, fosfato, y nitrato, quedando el suelo expuesto a la lixiviación y erosión (Velásquez, 2017).

Sin embargo, las consecuencias de las quemas en el suelo pueden ocasionar una disminución de la capacidad de retención de humedad, remoción de la capa vegetal, reducción del tamaño de los agregados, aumento en la densidad aparente y baja permeabilidad y tasa de infiltración de agua (Cáceres, 2018).

Algunos efectos en las propiedades físicas del suelo producto de la quema se encuentra que la densidad aparente del suelo tiende a disminuir, facilitando que las raíces puedan ser incrustadas en el suelo, sin embargo, las plantas con raíces débiles pueden llegar a sufrir, esto se debe a que la fase sólida del suelo se endurece durante la quema (Domínguez, 2016), de igual forma, Doerr et al., (2000) y Shakesby & Doerr,( 2006), mencionan que la repelencia al agua una propiedad de los suelos que reduce su afinidad por el agua, tiende a disminuir la tasa de infiltración del agua lo que ocasiona un incremento en la escorrentía y en el volumen de flujo superficial, lo que trae consecuencias como un aumento del riesgo de erosión o según (Blackwell,2000) una decadencia en la fertilidad al reducirse el volumen del suelo explorables por la raíces (Citado en Celis, Jordán, & Martínez, 2013,p. 151).

Respecto a los cambios de porosidad y la capacidad de retención hídrica, Neary et al., (1999) señala que pueden verse afectados por el cambio en la estructura del suelo y al desaparecer la materia orgánica cuando la intensidad del fuego es elevada (Citado en Celis, Jordán, & Martínez, 2013, p. 152). Así mismo, la textura puede ser modificada hacia el incremento en las fracciones gruesas y esto se debe a que con la erosión es más probable la pérdida de materiales finos, lo que genera un aumento en los agregados gruesos. Cuando la cobertura vegetal no se recupera antes de que se presenten lluvias, el impacto de las gotas sobre el suelo desnudo induce a la formación de un sellado superficial, reduciendo la velocidad de

infiltración y un aumento en la escorrentía superficial y, además, de favorecer el arrastre de las partículas y nutrientes (Celis, Jordán, & Martínez, 2013).

Según, Mataix-Solera et al, (2011), los factores que influyen en la agregación del suelo dependen del tipo de arcilla, los cationes, las fuerzas de atracción y la cohesión entre los componentes del agregado, la acción microbiana y el contenido de materia orgánica, por ende, algunos factores que influyen en el aumento de la estabilidad estructural luego del contacto en el fuego, son la mineralogía de la fracción arcilla que se modifica por el calentamiento formando agregados más estables, adicionalmente, la combustión de la materia orgánica, que destruye parte de los agregados del suelo, seleccionando los más resistentes y logrando inducir en la cementación de los agregados producto de los cambios térmicos, además, la presencia de compuestos hidrofóbicos que pueden potenciar la estabilidad de los agregados (Citado en Celis, Jordán, & Martínez, 2013,p. 152-153).

Por otro lado, en la calidad química del suelo, la materia orgánica al tener contacto con el fuego experimenta ciertos cambios, generando que las sustancias netas contenida sean liberadas en forma de óxidos o carbonatos que presentan reacción alcalina, es así que cuando las cenizas producto de la quema son incorporadas en el suelo, estas tienden a disminuir la acidez (Domínguez, 2016).

Durante la combustión de la materia orgánica se pierde carbono orgánico en el suelo pero luego de la quema puede existir un incremento del carbono orgánico procedente de la vegetación pirolizada, sin embargo, el fuego a baja intensidad puede generar cambios estructurales en los compuestos alifáticos, mientras, que los ácidos húmicos no presenta alteración, según, González-Villa et al. (2009) y Knoepp et al. (2005), la materia orgánica concentrada en la superficie del suelo es la principal afectada debido a la pérdida de la cobertura vegetal y hojarasca luego del fuego, asimismo, la relación C/N se ve transformada al momento en que se aumente la temperatura durante la quema (Citado en Celis, Jordán, & Martínez, 2013,p. 150). Finalmente, a pesar de todas las alteraciones que trae el fuego en la propiedades fisicoquímicas del suelo, se puede considerar algunos beneficios como la limpieza de la vegetación no deseada sobre un terreno, puesto que se modifica la textura del suelo permitiendo mayor facilidad al momento de la siembra; adicionalmente, el aumento en la fertilidad del suelo, esto se debe a las cenizas que son depositadas luego de la quema, asimismo, disminuye la acidez del suelo, donde el pH incrementa por las quemadas y hace que el aluminio intercambiable disminuye; otro beneficio es la mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo y finalmente, la esterilización de suelos para así reducir la maleza que afecta los cultivos (Cáceres, 2018).

#### *4.4 Marco normativo*

A nivel nacional existen diferentes leyes, decretos y resoluciones que son importante para referirse a la disposición final de residuos peligrosos, entre caso de los envases de agroquímicos

*Tabla 1. Decretos que rigen el manejo y prevención de los residuos de plaguicidas.*

<b>Norma legal</b>	<b>Propósito</b>	<b>Artículo</b>
Decreto 1443 de 2004	Establecer medidas ambientales para el manejo de los plaguicidas, y para la prevención y el manejo seguro de los desechos o residuos peligrosos provenientes de los mismos, con el fin, de proteger la salud humana y el medio ambiente.	Artículo 6: Prohibición de enterramiento y quema de plaguicidas en desuso. Artículo 7: Responsabilidad por la generación y manejo de residuos peligrosos provenientes de los plaguicidas. Artículo 12: Prevención de existencia de desechos o residuos peligrosos provenientes de plaguicidas. Artículo 13: Manejo integral para la puesta en el mercado de plaguicidas. Artículo 15-16: Almacenamiento y transporte de plaguicidas. (MinAmbiente, 2004)
Decreto 4741 de 2005	Reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos peligrosos generados en el marco de la gestión integral, establece que los plaguicidas en desuso, los envases o empaques y los embalajes que se hayan contaminado con plaguicidas, son residuos peligrosos sujetos a Plan de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo y que corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial establecer los criterios y requisitos que deben ser considerados en los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Plaguicidas.	Artículo 20: Los residuos o desechos peligrosos provenientes del consumo de productos o sustancias peligrosas.  Artículo 34: Disposición final de los residuos o desechos de plaguicidas. (MinAmbiente, 2005)

Elaborado por autor

Los cuales en ocasiones no cuentan con un manejo indicado, por lo que una revisión de esta normativa vigente permite tener claro todas aquellas directrices dentro del marco de la gestión integral, con el fin, de velar por la protección de la salud humana y el ambiente. A continuación, se presentan las resoluciones que deben ser consideradas a nivel nacional para el uso y manejo final de plaguicidas.

*Tabla 2. Resoluciones que rigen los planes de devolución de productos de plaguicidas.*

<b>Norma legal</b>	<b>Propósito</b>	<b>Artículo</b>
Resolución 0970 de 2001	Se establece los requisitos, las condiciones y los límites máximos permisibles de emisión, bajo las cuales se debe realizar la eliminación de plásticos contaminados con plaguicidas en hornos de producción de clinker de plantas cementeras.	Artículo 3: Requisitos para la eliminación de plástico contaminado con plaguicidas en hornos rotatorios de producción de cemento. Artículo 5: Concentraciones para los contaminantes en la eliminación del plástico (MinAmbiente, 2001).
Resolución 693 de 2007	Establecer los criterios y requisitos que deben ser considerados en los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Plaguicidas para su retorno a la cadena de importación, producción, distribución y comercialización.	Artículo 3: Elementos que deben contener los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Plaguicidas. Artículo 4: Las personas naturales o jurídicas que importan o fabrican plaguicidas, deben presentar ante el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, un Plan de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Plaguicidas para todos sus productos plaguicidas puestos en el mercado nacional, bien sean ingredientes activos o productos formulados. Artículo 5: Actualización y avances de los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Plaguicidas (MinAmbiente, 2007).
Resolución 1675 de 2013	Establece los elementos que deben contener los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Plaguicidas.	Capítulo II. Plan de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Plaguicidas. (Artículo todos) Capítulo III. Obligaciones (Artículo todos) (MinAmbiente, 2013).

Elaborado por autor

Por otra parte, es importante mencionar las leyes, decretos y resoluciones que corresponden al recurso suelo, puesto que es importante tener conocimiento acerca del uso y manejo que se le da, evitando así una alteración en sus propiedades fisicoquímicas que ocasionan un déficit en la calidad de este.

*Tabla 3. Leyes que rigen para el recurso suelo en Colombia.*

Norma legal	Propósito	Artículo
Ley 9 de 1979	Reglamentada parcialmente por el Decreto 704 de 1986 Por la cual se dictan Medidas Sanitarias	Artículo 144: Los residuos procedentes de establecimientos donde se fabriquen, formulen, envasen o manipulen plaguicidas, así como los procedentes de operaciones de aplicación no deberán ser vertidos directamente a cursos o reservorios de agua, al suelo o al aire. Deberán ser sometidos a tratamiento y disposición de manera que no se produzcan riesgos para la salud (Congreso de la República de Colombia, 1979).
Ley 99 de 1993	Reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del ambiente y los recursos naturales renovables, crea el SINA y el Ministerio de Ambiente	Artículo 5: Expedir y actualizar el estatuto de zonificación de uso adecuado del territorio para su apropiado ordenamiento y las regulaciones nacionales sobre el uso del suelo en lo concerniente a sus aspectos ambientales y fijar las pautas generales para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas y demás áreas de manejo especial. Artículo 31: Reservar, alinderar, administrar o sustraer, en los términos y condiciones que fijen la ley y los reglamentos, los distritos de manejo integrado, los distritos de conservación de suelos, entre otros, y reglamentar su uso y funcionamiento (Congreso de la República de Colombia, 1993).

Elaborado por autor

A continuación, se presentan los decretos que rigen el recurso suelo, relacionados con el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Ambiente y la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

*Tabla 4. Decretos que rigen para el recurso suelo en Colombia.*

<b>Norma legal</b>	<b>Propósito</b>	<b>Artículo</b>
Decreto 2811 de 1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Ambiente.	<p>Artículo 8: Factores que deterioran el ambiente como la degradación, erosión, el revenimiento de suelo y el uso inadecuado de sustancias peligrosas.</p> <p>Artículo 178: Los suelos deberán usarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos. Se determinará el uso potencial de los suelos según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de la región.</p> <p>Artículo 179: El aprovechamiento de los suelos deberá efectuarse en forma de mantener su integridad física y su capacidad productora. Se aplicarán normas técnicas de manejo para evitar su pérdida o degradación, lograr su recuperación y asegurar su conservación.</p> <p>Artículo 180: Colaborar con las autoridades en la conservación y en el manejo adecuado de los suelos (Congreso de la República de Colombia, 1974)</p>
Decreto 1713 del 2002	Por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Artículo 126: Ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del suelo y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos a las aguas, al aire o a los suelos, en desarrollo del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos y los programas correspondientes (Congreso de la República de Colombia, 2002).

Elaborado por autor

Finalmente, se presenta las normas técnicas de la gestión ambiental en el suelo y calidad de este, información compilada del (ICONTEC, 2004).

*Tabla 5. Normas técnicas de gestión y calidad del recurso suelo.*

<b>Año</b>	<b>Norma técnica</b>	<b>Propósito</b>
1994	Norma Técnica colombiana: NTC- ISO 3656	Gestión ambiental. Suelo. Toma de muestras de suelo para determinar contaminación.
1995	Norma Técnica colombiana: NTC- ISO 11464	Gestión ambiental. Calidad del suelo. Pretratamiento de las muestras de suelo para análisis fisicoquímicos.
2008	Norma Técnica colombiana: NTC 5264	Calidad del suelo. Determinación del pH.
2017	Norma Técnica colombiana: NTC 5263	Calidad del suelo. Determinación de la acidez, aluminio e hidrógeno intercambiables

Elaborado por autor

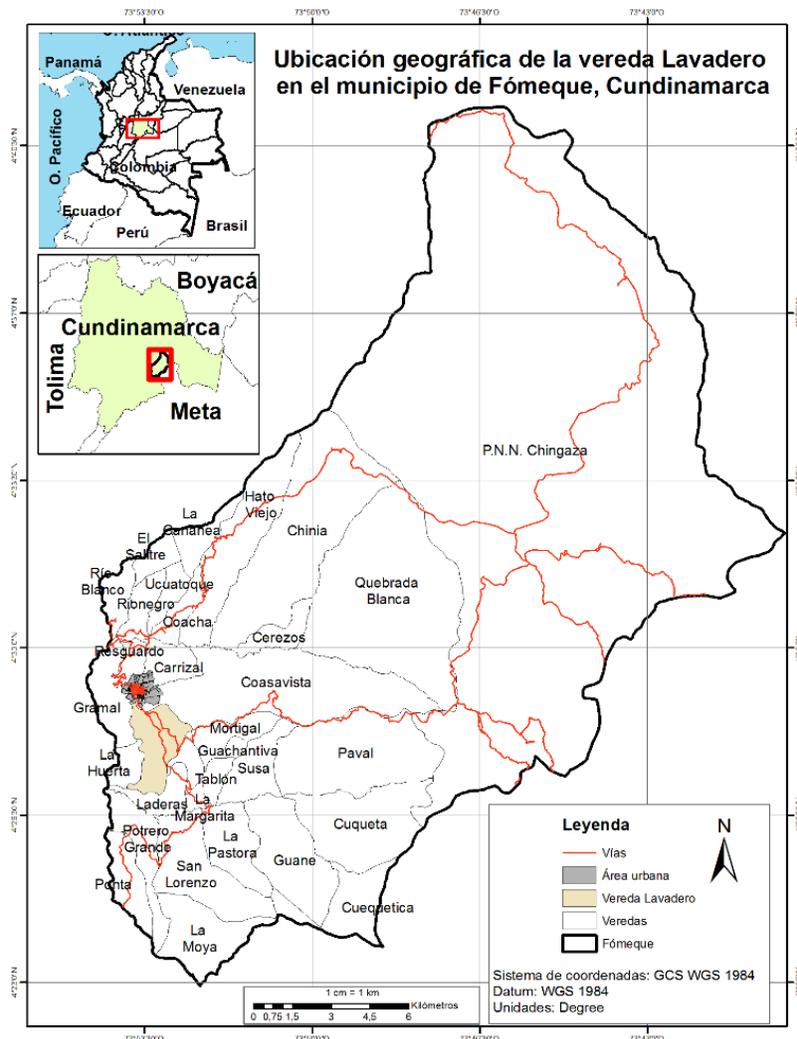
#### *4.5. Marco geográfico*

El municipio de Fómeque está ubicado en la provincia de Oriente del departamento de Cundinamarca localizado a 56 km de Bogotá (Bayona & Muñoz, 2009). De acuerdo con las proyecciones para el año 2015, la población del Municipio fue de 12.214 personas, de las cuales, el 39% se ubica en la cabecera municipal (Alcaldía Municipal de Fómeque, 2016).

El municipio está conformado por treinta y dos veredas (Alcaldía Municipal de Fómeque, 2016), en donde se resalta la vereda Lavadero que tiene un área de 493,217 Ha, dato obtenido con el programa ArcGIS, y cuenta con 254 habitantes en la vereda (DANE, 2016), a continuación, se visualiza el mapa de la distribución territorial del municipio de Fómeque (Figura 1).

El municipio cuenta con un relieve variado con alturas entre 800 y 3200 m.s.n.m y una temperatura de 18 °C (Bayona & Muñoz, 2009), adicionalmente, representa una gran importancia ambiental para la región teniendo en cuenta que la mayor parte de su extensión territorial está conformada por áreas de páramo, bosque alto andino y el Parque Nacional Natural Chingaza representa aproximadamente el 49% del territorio de Fómeque, en él se albergan especies amenazadas como el oso de anteojos, la danta de páramo, el jaguar y el gallito de roca (Alcaldía Municipal de Fómeque, 2016).. El municipio cuenta con un relieve variado con alturas entre 800 y 3200 m.s.n.m y una temperatura de 18 °C (Bayona & Muñoz, 2009), En cuanto a la geología del municipio se presenta depósitos piroclásticos y cenizas, se incluyen pequeños sectores cubiertos por las cenizas volcánicas en los niveles altos de las terrazas y en los cerros de Fómeque, estos depósitos provienen de las principales fases de la actividad de los volcanes del complejo Ruiz-Santa Isabel-Tolima, localizados en la cordillera central, estos depósitos de ceniza constituyen el material parental a partir del cual se han formado los suelos de páramo y algunas depresiones fluvio-Lacustres en la cordillera oriental (Vargas, Prieto, González, & Matamoros, 2004).

Figura 1. Mapa de la ubicación geográfica de la vereda Lavadero en el municipio de Fómeque, Cundinamarca.



Elaborado por: Guzmán y Cabezas (2019).

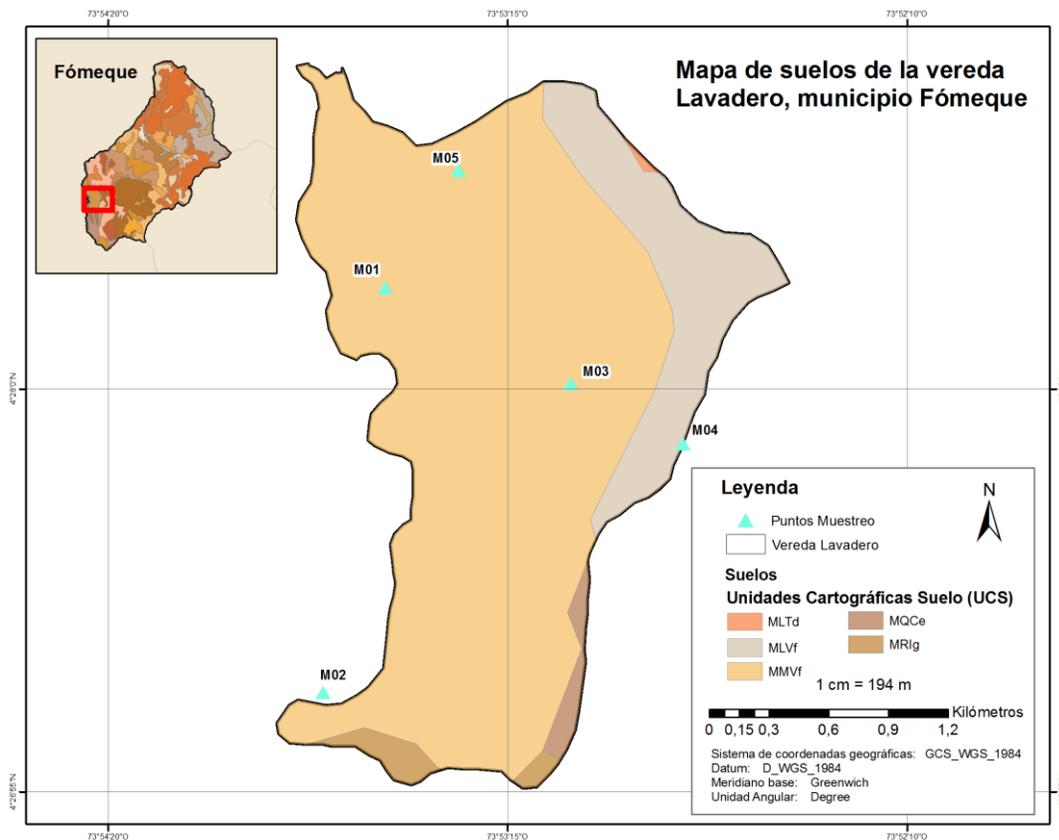
Por otro lado, el municipio de Fómeque se caracteriza por presentar tierras forestales protectoras-productoras de clima frío y húmedo a muy húmedo, generalmente están localizadas en laderas del paisaje de montaña en sectores de alta a muy alta amenaza sísmica, se identifican por presentar pendientes fuertes, son áreas propensas a presentar procesos erosivos y movimiento de masa (Garzón, Jiménez, & Botón, 2000).

De acuerdo con el mapa de suelos del departamento de Cundinamarca realizado por el IGAC, se identificó que la vereda Lavadero cuenta con 5 unidades cartográficas del suelo (ver Figura 2.), donde especifican el tipo de paisaje, clima, tipo de relieve, litología, además, de conocer el componente de los suelos; para efecto del estudio se habló de la unidad cartográfica del suelo MLVf, que corresponde al punto de muestreo del blanco punto de referencia (M04), es decir, el bosque natural, este presenta montaña como paisaje, un clima de frío a húmedo, con un relieve de crestones, para la litografía son

rocas clásticas arenosas limo arcillosas y química carbonatadas con algunos depósitos de ceniza volcánica, respecto al componente hace parte de la asociación *Humic Lithic Eutrudepts* se refiere a un suelo de orden inceptisol que tiene contacto lítico dentro los 50 cm de la superficie mineral, el *Typic Placudands* cuenta con un horizonte plácico (capa delgada cementada por hierro y materia orgánica) dentro los 100 cm de la superficie del suelo mineral o de la parte superior de una capa orgánica con propiedades ándicas, por último, la asociación *Dystric Eutrudepts* el cual no tiene carbonatos libres dentro de los 100 cm de la superficie del suelo mineral (Soil Survey Staff, 2014) (Figura 2).

Por otro lado, la siguiente unidad cartográfica del suelo que abarca los demás puntos de muestreo es MLTd, que cuenta con un paisaje de montaña, con clima de frío a húmedo, con algunas cuevas en su relieve, respecto a la litografía cuenta con depósitos de ceniza volcánica sobre rocas clásticas limo arcillosas, para componente corresponden asociación *Typic Hapludands*, que hace referencia a un suelo de orden andisol y *Andic Dystrudepts* pertenencia uno o más horizontes con un espesor de 18 a 75 cm de la superficie del suelo mineral, una fracción de tierra-fina con densidad aparente de 1,0 g/cm<sup>3</sup>, con retención de agua de 33 kPa y porcentaje de aluminio (Al) y hierro (Fe), correspondiente al orden inceptisol (Soil Survey Staff, 2014) (Figura 2).

Figura 2. Mapa de suelos correspondientes a la vereda lavadero de Fómeque, Cundinamarca.

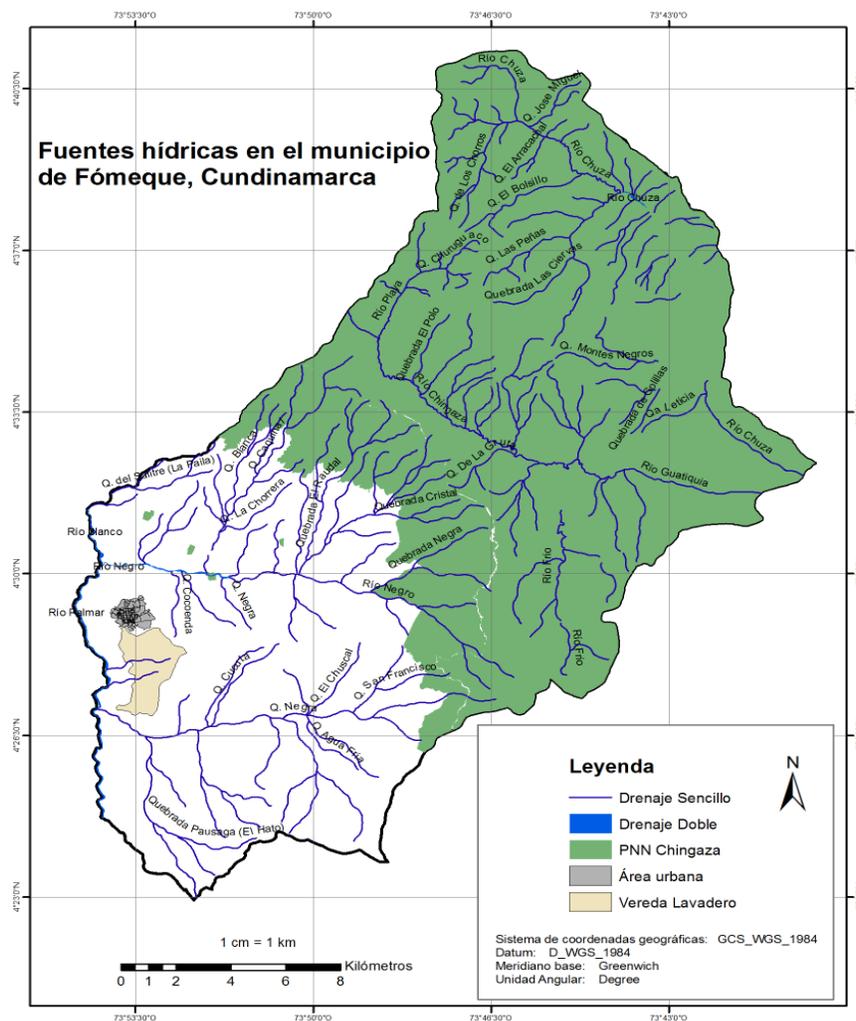


Elaborado por: Guzmán y Cabezas (2019)

De otro lado, la actividad agropecuaria está constituida principalmente por los cultivos de tomate, habichuela, tomate de árbol, pepino, pimentón, maíz, yuca, arracacha, plátano y café. La ganadería, la porcicultura y la actividad avícola son de las más importantes en el municipio (Alcaldía Municipal de Fómeque, 2016).

En cuanto a la hidrología del municipio se encuentra la cuenca del río Guatiquía, tributario del Río Humea, compuesta por áreas de drenaje de este río, en los municipios de Medina y Fómeque, y la de los Ríos Blanco y Negro, en los municipios de Guasca y Fómeque (Díaz & Zamora, 2011). La mayoría de los cultivos en el municipio son irrigados con los distritos de riego, los cuales son infraestructuras que captan agua de una fuente superficial o subterránea, y por medio de redes de conducción y distribución llegan a los cultivos, en el municipio de Fómeque cuenta con 7 distritos de riego (Gobernación de Cundinamarca, 2017), los cuales se abastecen de quebradas pertenecientes a las áreas de drenaje del río Negro y Blanco, algunas de estas son la Quebrada Negra, Quebrada La Cabra, Quebrada Caquinal y Quebrada San Vicente Cuenca Media (Corpoguavio, 2016) (Figura 3).

Figura 3. Mapa de fuentes hídricas en el municipio de Fómeque, Cundinamarca.



Elaborado por: Guzmán y Cabezas (2019)

#### 4.6. Marco institucional

Las instituciones que están relacionadas con la ejecución del trabajo fueron:

- **Alcaldía Municipal de Fómeque**

Misión: El municipio de Fómeque es una entidad pública territorial de la división política administrativa del Estado, dedicada a prestar y promover con eficiencia los servicios que le corresponden por mandato legal, buscando el bien común, la convivencia con justicia y el desarrollo socio cultural para lograr el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos (Alcaldía Municipal de Fómeque, 2018).

Visión: Una administración Municipal con vocación de servicio al ciudadano, ordenada, moderna, financieramente viable, cercana al ciudadano y dispuesta a resolver los problemas de la comunidad, bajo criterios de equidad, objetividad, sostenibilidad y donde la gobernabilidad, sea el soporte para la toma de decisiones y la ejecución de acciones de política pública municipal. Una gestión de lo público transparente, eficiente, eficaz, cuidadosa de los recursos públicos, y orientada a resultados (Alcaldía Municipal de Fómeque, 2018).

Figura 4. Organigrama de la alcaldía municipal de Fómeque, Cundinamarca



Fuente: Alcaldía Municipal de Fómeque, Imagen obtenida el 7 de noviembre del 2018.

- **Gobernación de Cundinamarca**

Misión: Es misión del departamento acercarse a su gente a través de un buen gobierno, que busca transformar vidas, integrar comunidades, potencializar el territorio y propender por su felicidad (Gobernación de Cundinamarca, 2018).

Visión: Cundinamarca seguirá siendo, en el 2036, el departamento mejor educado, formando ciudadanos resilientes, tolerantes y felices, compartiendo un territorio ordenado, sostenible, integrado y competitivo, con igualdad de oportunidades para el campo y la ciudad, utilizando las herramientas que genera el desarrollo inteligente (Gobernación de Cundinamarca, 2018).

- **Universidad El Bosque**

Misión: Es lograr la dignidad, la autonomía del ser humano como un fin en sus dimensiones Bio - Psico - Sociales y Culturales, mediante la transmisión, creación, transformación, conservación y desarrollo de la ciencia y la cultura, afirmándose en la búsqueda del saber en coherencia con la problemática vivida en nuestra sociedad (Universidad El Bosque, 2016).

Como Institución universitaria asumirá la responsabilidad de potenciar al máximo las cualidades superiores del ser humano (excelencia) para que pueda responder a la necesidad de promover la comunidad colombiana al más alto nivel. Vivirá atenta a los cambios culturales, locales, nacionales y universales, en procura de aquellos valores que la hagan más culta, más digna y justa (Universidad El Bosque, 2016).

Visión: La Universidad El Bosque en el 2021 será reconocida por contar con:

- Una comunidad académica comprometida y altamente cualificada de acuerdo con su Proyecto Educativo.
- Una oferta académica multidisciplinaria de alta calidad inmersa en un contexto globalizado y abierta a aspirantes de todas las condiciones económicas y sociales.
- Una cultura de la planeación, la innovación y la calidad apropiada en sus procesos académicos y administrativos
- La generación y transferencia del conocimiento con aportes científicos y tecnológicos pertinentes.
- Con impacto en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas, ratificando su compromiso con la sociedad y la construcción de un país que convive en torno a la paz y el desarrollo sostenible (Universidad El Bosque, 2016).

- **Observatorio SIG en Salud y Ambiente**

Observatorio SIG en salud y ambiente de la Universidad El Bosque busca promover el desarrollo de proyectos interdisciplinarios a través de la articulación transversal de diferentes dependencias de la Universidad, para conocer y divulgar la interacción entre las problemáticas de salud y ambiente y sus posibles soluciones (Universidad El Bosque, 2019).

## **5. Diseño metodológico**

### *5.1. Enfoque de la investigación*

El enfoque mixto representa un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación, que implica la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como la integración y discusión de estos, con el fin, de realizar un análisis de la información obtenida y lograr una mayor comprensión (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). De acuerdo con Creswell, (2013) y Lieber & Weisner, (2010), el enfoque mixto utiliza evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras clases para entender los diferentes problemas en las ciencias (Citado en Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Por ende, el enfoque de esta investigación es mixta puesto que se emplearon diversas fuentes de información y tipos de datos como el análisis de suelo en la zona de estudio y entrevistas con preguntas abiertas y cerrada a los agricultores de la vereda Lavadero del municipio de Fómeque, con el fin, de recolectar y analizar datos cuantitativos y cualitativos, además, de la interpretación de toda la información conjunta (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

### *5.2. Alcance de la investigación*

El alcance con el que cuenta el proyecto es de tipo descriptivo y correlacional, el primero especifica las propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice, asimismo, describe la tendencia de cierta población, por otro lado, el alcance correlacional, tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que existen entre dos o más variables mediante un patrón predecible para un grupo o población (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). De acuerdo con lo anterior, se buscó identificar las acciones que realizan los productores de la zona al disponer los residuos de envases de agroquímicos vacíos, con el fin, de obtener un primer diagnóstico acerca del manejo final que le dan a estos residuos peligrosos, además, de evaluar las afectaciones en las propiedades fisicoquímicas del suelo como pH, materia orgánica, carbono orgánico, saturación de humedad, densidad de aparente y textura; producto de la disposición final de envases de agroquímicos generados en la vereda Lavadero, con el propósito de conocer el estado en que se encuentra el suelo, par así, poder relacionar ese diagnóstico de disposición final de envases de agroquímicos con el análisis de las propiedades fisicoquímicas del suelo, permitiendo conocer las consecuencias que genera los envases plásticos de agroquímicos en el suelo y poder así entregar soluciones que disminuyan los efectos de la inadecuada disposición final de envases y mejoren la calidad del suelo.

### 5.3. Unidad de análisis

De acuerdo con Gallardo & Moreno, (1999), la unidad de análisis es el elemento de estudio, observable o medible en relación con un conjunto de otros elementos, es decir, que para la investigación la unidad de análisis corresponde al manejo de la disposición final de envases de agroquímicos en el suelo.

### 5.4. Muestra y población

Para el desarrollo de la investigación se trabajó con el dato obtenido del tercer censo agropecuario publicado en el 2016, donde se seleccionó una muestra de 33 personas, debido a que son los productores residentes de un total de población de 254 habitantes, correspondientes a la vereda Lavadero del municipio de Fómeque-Cundinamarca (DANE, 2016).

### 5.5. Informante, número y calidad

Los informantes corresponden a los 33 productores de la vereda Lavadero, los cuales fueron encuestados con 9 preguntas abiertas y cerradas, según Phillips, Phillips & Aaron, (2013), las preguntas abiertas proporcionan información más amplia y son útiles cuando no se tiene conocimiento sobre las posibles respuestas o son insuficientes, Saris & Gallhofer, (2007) y Black & Champion, (1976), mencionan que son utilizadas para profundizar una opinión (Citados en Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

De acuerdo con lo anterior, se generan ciertos inconvenientes al momento de codificar y clasificar para el análisis y en ocasiones pueden generar sesgos derivados de las respuestas obtenidas por los encuestados, mientras que, las preguntas cerradas de acuerdo con Burnett, (2009), son preguntas que reduce la ambigüedad de las respuestas y favorece en las comparaciones de diferentes resultados obtenidos (Citados en Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Por ende, se considera que la encuesta piloto realizada a los productores de la vereda Lavadero en Fomeque, cuenta con una estructura amplia en donde, permite conocer el tipo y área de cultivo, el tipo de producto químico u orgánico que aplica en los cultivos, la cantidad y la frecuencia con la que se aplica el producto, el material de los envases de agroquímicos, la marca de los agroquímicos, la disposición de estos residuos de envases, el dinero que invierte en la compra de insumos químicos y finalmente, si el encuestado ha recibido capacitación acerca de la disposición final de estos residuos peligrosos, con el propósito, de obtener un primer diagnóstico de la situación actual del suelo y la disposición de envases de productos químicos empleados por los agricultores de la zona de estudio.

En relación a calidad de la información recolectada se considera que proporciona gran cantidad de datos los cuales pueden ser analizados, a pesar de que en ocasiones las unidades de medidas no eran igual para todos los encuestados, y como ejemplo se encuentra el área de los cultivos por lo que fue necesario unificar las respuesta a metro cuadrado ( $m^2$ ) y en la cantidad de producto que se le aplica a los cultivos, dejando todas las respuestas en g/L, con el fin, de facilitar el procesamiento y análisis de resultados.

### 5.6. Variables de la dimensión, variable, aspectos e indicadores de la investigación

Se trabajó con la dimensión ecológica y social, puesto que son los parámetros fundamentales de la investigación, donde se resalta la variable suelo y residuos peligrosos debido a que son los entes de estudio, adicionalmente, se cuenta con la dimensión social en la que relaciona la variable de agricultores, quienes emplean envases de agroquímicos para sus cultivos y los disponen en la tierra o los queman, por tal razón, fue importante analizar estas variables con el fin de conocer la situación que se presentaba en la vereda Lavadero respecto a la disposición final de residuos plásticos de agroquímicos y sus posibles consecuencias en el suelo.

Tabla 6. Relación de la dimensión, variable, aspectos e indicadores de la investigación.

Dimensión	Variable	Aspecto	Indicadores
Ecológica	Suelo	Calidad del suelo	pH Materia orgánica Carbono orgánico Saturación de humedad Densidad aparente Textura
	Residuos peligrosos	Disposición final de envases de agroquímicos	Cantidad de envases de agroquímicos utilizados por año
Social	Agricultores	Uso del suelo	Material de los envases de agroquímicos  Manejo final de los envases utilizados

Elaborado por autor

### 5.7. Técnicas e instrumentos de la investigación

#### 5.7.1. Técnicas e instrumentos para recolectar la información

Al contar con un enfoque mixto, las técnicas de recolección pueden ser múltiples, por ejemplo, en los estudios cuantitativos las técnicas pueden ser cuestionarios cerrados, pruebas estandarizadas, registro de datos estadísticos, etc.; mientras, en la investigación cualitativa cuenta con entrevistas, cuestionarios abiertos, revisión de archivos y observaciones (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Respecto a lo anterior las técnicas para recolectar información fueron:

- *Revisión documental:* Inicialmente se realizó una revisión bibliográfica para indagar sobre el tema a trabajar, donde se emplearon elementos útiles para obtener información necesaria, veraz y oportuna para realizar la investigación (Gómez, 2012). Algunas fuentes de información bibliográfica empleadas fueron capítulos de libros, artículos de revistas científicas, tesis de

maestrías, trabajos de pregrado, informes de entes públicos o privados como Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Asociación Nacional de Industria (ANDI), Gobernación de Cundinamarca, Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) entre otros, además, del Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019 de Fómeque.

- *Encuesta:* Se realizó una encuesta piloto con 9 preguntas abiertas y cerradas a los agricultores de la vereda Lavadero, esta fue estructurada y con un formato de presentación (Anexo 1), que tuvo la finalidad de conocer la situación de los productores residentes respecto al manejo de la disposición final de envases de agroquímicos en el suelo.
- *Muestreo de suelo:* Se realizó un muestreo de suelo, con el fin, de identificar los parámetros fisicoquímicos que se ven afectados en la disposición final de envases plásticos de agroquímicos en la vereda Lavadero.
- *Registro Fotográfico:* Se tomaron fotografías como soporte de lo encontrado en la vereda Lavadero al momento de realizar la encuesta piloto y el muestreo de suelo. La información que fue recolectada corresponde a información primaria, que es aquella donde el investigador recoge directamente a través del contacto con el objeto de análisis, e información secundaria que corresponde a partir de investigaciones ya realizadas por otros investigadores con propósitos diferentes (Gallardo & Moreno, 1999).

### 5.7.2. Técnicas e instrumentos para sistematizar y analizar la información

Para organizar la información obtenida en las encuestas y en el muestreo, fue necesario crear una base de datos en Microsoft Access donde se digitalizó las respuestas de los encuestados de tal forma se obtuviera datos estadísticos, para posteriormente ser graficadas en Microsoft Excel, adicionalmente, los resultados del muestreo de suelo obtenidos por el laboratorio Agrilab, se organizaron en tablas para su respectiva presentación y análisis.

Finalmente, se realizó una adaptación a la matriz de evaluación de impacto ambiental (Metodología de Vicente Conesa), en donde se visualiza la relación del diagnóstico con los resultados de los parámetros fisicoquímicos afectados por la disposición final de envases de agroquímicos. Adicionalmente, al emplear mapas que fueron realizados en ArcMap, fue necesario efectuar un análisis e interpretación de mapas, donde el primero corresponde a la lectura elemental, es decir, que se observa, identifica y reconoce lo que es esencial, determinante y correlativo, además, de comparar, clasificar, explicar, separar y explicar información pertenecientes a estos, mientras que, la interpretación de mapas se realiza mediante la lectura del conjunto, es decir, sintetiza la información y establece las conclusiones pertinentes luego del análisis (Carrascal, 2007).

### *5.7.3 Técnicas, instrumentos y metodologías para presentar, analizar e interpretar los resultados*

Los resultados fueron presentados en gráficas de barras, tablas y en una matriz de Conesa, con el fin de realizar una interpretación, donde se relacionaban los resultados obtenidos con la información bibliográfica consolidada en el estado del arte y marco teórico, con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos específicos. Adicionalmente, se realizó diferentes mapas en ArcMap para complementar la información requerida en el marco de referencia y adicionalmente, uno de pendientes del suelo para visualizar los puntos de muestreo, donde fue requerido un análisis e interpretación de los mismos, finalmente, se elaboró una cartilla que contiene las directrices para la disposición final de envases de agroquímicos, además, de mencionar las alteraciones en las propiedades fisicoquímicas del suelo producto de la quema o abandono de envases plásticos en el suelo.

A continuación, se presenta la Tabla 7. que corresponde a la síntesis de lo anteriormente mencionado por objetivos específicos.

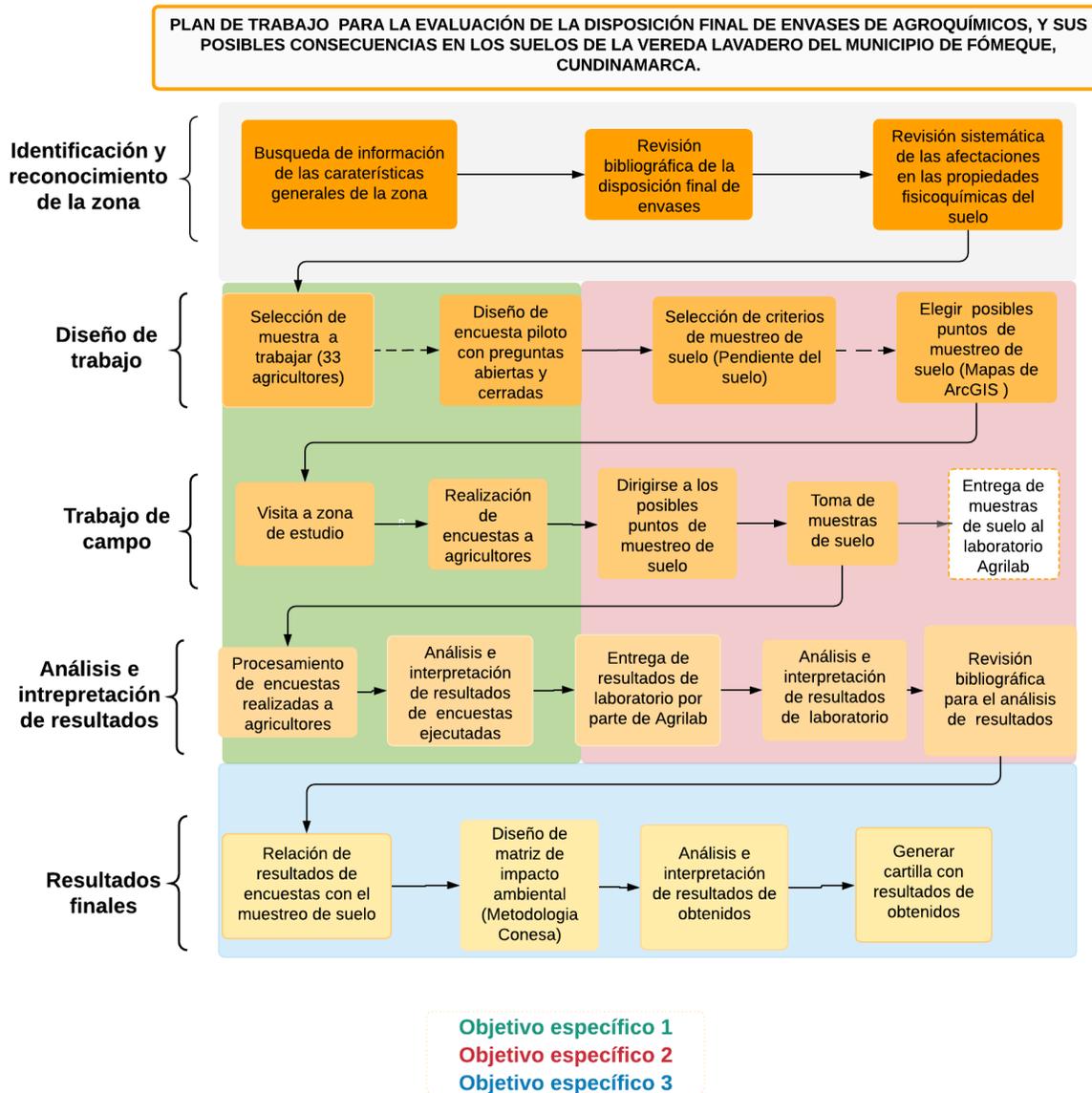
Tabla 7. Relación de los objetivos específicos de la investigación con sus respectivas actividades, técnicas, instrumentos y resultados esperados.

Objetivo general					
Evaluar la disposición final de los envases de agroquímicos y sus posibles consecuencias en los suelos de la vereda Lavadero del municipio de Fómeque, Cundinamarca.					
Objetivos específicos	Actividades	Técnicas	Instrumentos	Resultados esperados	
1	Realizar un diagnóstico de la disposición final de envases de agroquímicos, entre los pobladores de la zona de estudio.	Busqueda de información de las características generales de la zona estudio	Revisión documental	Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019	Obtener un primer análisis de la situación que se presenta en la vereda Lavadero, respecto a la disposición final de envases de agroquímicos.
			Análisis e interpretación de mapas	Mapas elaborados en ArcGIS	
		Revisión bibliográfica de la disposición final de envases de agroquímicos y su afectación en el suelo	Revisión documental	Capítulos, libros, trabajos de maestría y de pregrado	
		Diseño y ejecución de encuestas en la vereda lavadero	Encuesta piloto	Cuestionario con preguntas abiertas y cerradas	
	Procesamiento y análisis de datos obtenidos	Análisis estadístico	Bases de datos de Access y Excel		
2	Analizar parámetros fisicoquímicos del suelo que se ven afectados por la disposición final de envases de agroquímicos, con el propósito de conocer el estado actual de la zona de estudio	Revisión bibliográfica para la selección de las variables fisicoquímicas del suelo	Revisión documental	Capítulos de libros, trabajos de maestría y de pregrado	Conocer como las propiedades fisicoquímicas del suelo se ven afectadas por la disposición final de envases de agroquímicos.
		Selección de criterio de muestreo (Pendiente del suelo)	Revisión documental	Muestreo de suelos IGAC	
			Análisis e interpretación de mapas	Mapa de pendiente elaborado en ArcGIS	
		Elegir puntos de muestreo	Análisis e interpretación de mapas	Mapa de pendiente del suelo y de ubicación geográfica de la vereda elaborado en ArcGIS	
		Muestreo de suelo en la vereda Lavadero	Revisión documental	Muestreo de suelos IGAC	
	Análisis de resultados de laboratorio	Revisión documental	Capítulos, libros, trabajos de maestría y de pregrado, e informes		
3	Relacionar el diagnóstico de la disposición final de los envases de agroquímicos con los parámetros fisicoquímicos obtenidos, para conocer las posibles consecuencias en el suelo	Revisión bibliográfica de la disposición final de envases y las propiedades fisicoquímicas del suelo	Revisión documental	Capítulos de libros, trabajos de maestría y de pregrado e informes	Evaluar y analizar las consecuencias en las propiedades fisicoquímicas del suelo, resultado de la disposición que los agricultores le dan a los envases de productos químicos.
		Diseño matriz de impacto ambiental	Revisión documental	Metodología de Conesa	
		Diseño de cartillas informativas de la disposición final	Revisión documental	Informes de entidades y resultados obtenidos	

Elaborado por autor

5.8. Metodología por objetivos específicos

Figura 5. Plan de trabajo para la elaboración del proyecto.



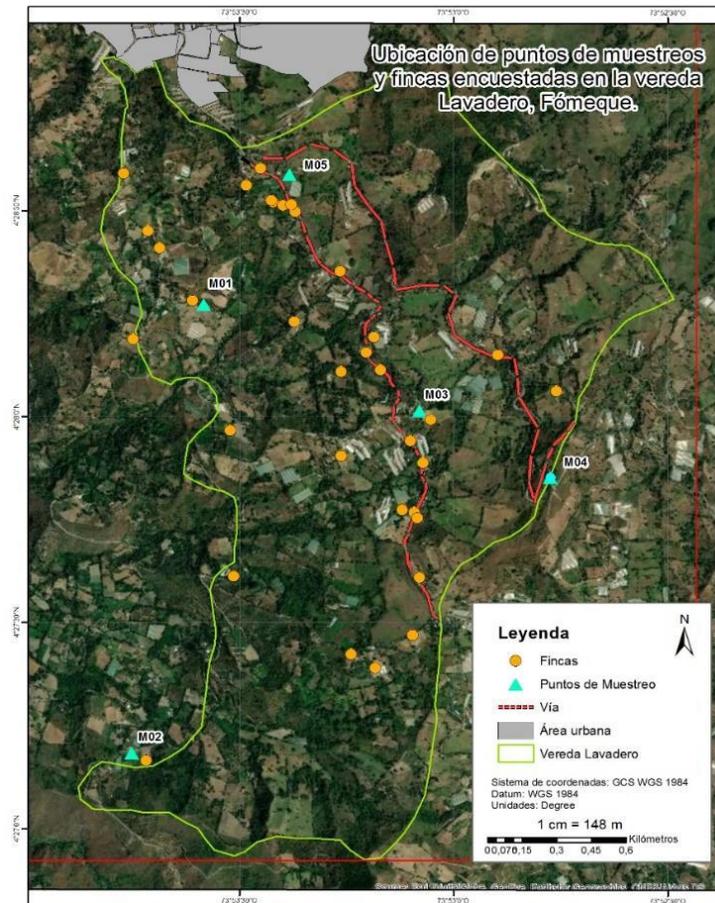
Elaborado por autor

### *5.8.1. Objetivo específico 1*

El primer objetivo específico corresponde a realizar un diagnóstico de la disposición final de envases de agroquímicos, entre los pobladores de la zona de estudio, por consiguiente, se elaboró una encuesta piloto (Anexo 1), con 9 preguntas abiertas y cerradas, las cuales buscaban obtener un primer diagnóstico de la situación actual del suelo y la disposición de envases de productos químicos, las cuales fueron conocer el tipo y área de cultivo, el tipo de producto químico u orgánico que aplica en los cultivos, la cantidad y la frecuencia con la que se aplica el producto, el material de los envases de agroquímicos, la marca de los agroquímicos, la disposición de estos residuos de envases, el dinero que invierte en la compra de insumos químicos y finalmente, si el encuestado ha recibido capacitación acerca de la disposición final de estos residuos peligrosos.

Esta encuesta piloto fue realizada los días 4, 9 y 31 de agosto del presente año a una muestra correspondiente de 33 agricultores los cuales corresponden a los productores de la vereda Lavadero, Fómeque-Cundinamarca (DANE, 2016). En la Figura 6, se observan las 33 fincas que fueron encuestadas y los puntos de muestreo de suelo, estos fueron ubicados mediante la aplicación Survey 123, en la que se registró su coordenada del punto seleccionado y algunas fotografías.

Figura 6. Mapa de la ubicación de las fincas encuestadas y puntos de muestreo en la vereda Lavadero.

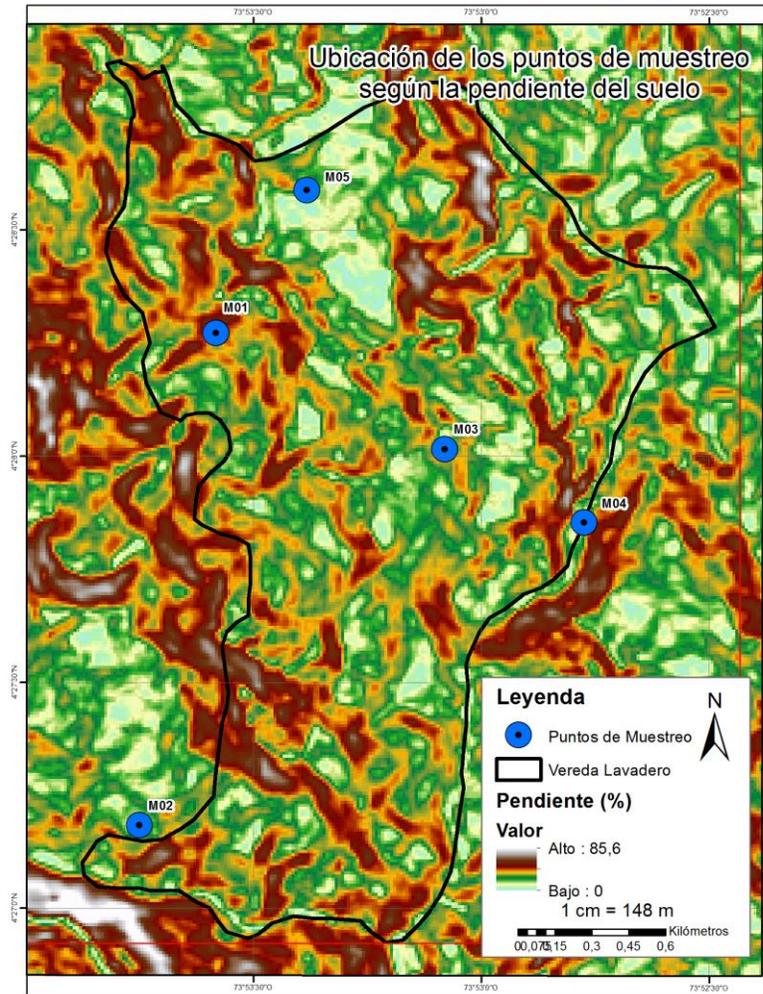


Elaborado por: Guzmán y Cabezas (2019)

### 5.8.2. Objetivo específico 2

El objetivo número dos, concierne analizar los parámetros fisicoquímicos del suelo que se ven afectados por la disposición final de envases de agroquímicos, con el propósito de conocer el estado actual de la zona de estudio, para lo anterior se realizó un muestreo de suelo, teniendo en cuenta que el suelo es un material heterogéneo, con diferentes condiciones de origen, topografía, manejo y uso, tipo de vegetación, entre otras, donde fue necesario definir características similares, que permitieran establecer lo que se conoce como unidades de muestreo (IGAC, s.f.). Para la elaboración del mapa de pendiente del suelo fue necesario descargar un modelo digital de elevaciones (DEM), de la página Alaska Satellite Facility (UAF), este corresponde a una resolución espacial de 12,5 metros y fue elaborado el 25 de diciembre del 2008 (ASF DAAC,2008), posteriormente, se realizó el mapa en el software ArcMap, utilizando la herramienta análisis espacial en la opción pendiente (Slope), finalmente, se seleccionaron 5 puntos de muestreo dependiendo el criterio del grado de pendiente y la posibilidad de acceder a las fincas para realizar el muestreo, este depende de la autorización del propietario. Lo anterior se puede visualizar en la Figura 7.

Figura 7. Mapa de la ubicación de los puntos de muestreo de suelo según la pendiente



Elaborado por: Guzmán y Cabezas (2019)

Seguido de obtener los puntos de muestreo seleccionados, se procedió a la recolección de muestra donde 4 de esos puntos corresponde a zonas afectadas con la disposición final de envases agroquímicos y un punto con un área sin intervención alguna (ver Tabla 9). Este muestreo fue realizado el 31 de agosto del 2019.

*Tabla 8. Identificación de puntos de muestreo de suelo en la vereda Lavadero, Fómeque.*

<b>Codificación</b>	<b>Nombre propietario</b>	<b>Nombre finca</b>	<b>Relación de disposición final – suelo</b>	<b>Pendiente del suelo (%)</b>
M04	Bosque natural (Blanco)	Bosque natural (Blanco)	Bosque natural	7,20
M01	Emiliano Romero	El Edén	Quema envases	32,4
M02	Nemecio Boadilla	La Huerta	Quema envases	8,20
M03	Raúl Antonio Varela	San Antonio	En el suelo	11,5
M05	Gloria Yanent Rodríguez	La Mayeya	Quema envases	19,3

Elaborado por autor

Para lo anterior, se debe tomar una muestra que está constituida por 15 submuestras que deben ser recolectadas de la siguiente forma:

- 1) Abrir un hoyo de aproximadamente 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad.
- 2) Retirar 2 cm y empezar a extraer la muestra.
- 3) Mezclar en un balde las submuestras hasta obtener una muestra compuesta homogénea.
- 4) Empacar aproximadamente 1 Kg de la muestra homogenizada en bolsas plásticas y selladas.
- 5) Marcar la muestra con los datos del lote, nombre del propietario, localización, el cultivo que presenta y la cantidad de fertilizantes aplicados.
- 6) Proceder para el análisis de laboratorio (IGAC, s.f.).

Luego, de tener las muestras recolectadas, se procedió a dejarlas en el laboratorio Agrilab, el cual fue contratado para realizar el análisis de las propiedades fisicoquímicas, en este caso de pH, materia orgánica, carbono orgánico, saturación de humedad, densidad aparente y textura; parámetros seleccionados según la revisión bibliográfica que indicaban que se veían afectados por los microplásticos y la quema.

Las técnicas empleadas por Agrilab para encontrar los resultados en las muestras de suelos fueron: la variable pH fue determinada mediante el conductimétrico, la saturación de humedad fue calculada a través del gravimétrico, el carbono orgánico lo encontraron gracias al colorimétrico, mientras que, la materia orgánica y la densidad aparente se hallaron mediante cálculos, y, por último, para la determinación de la textura se empleó el método de Bouyoucos.

Finalmente, estos resultados serán presentados en gráficos e interpretados de acuerdo con la revisión bibliográfica realizada, con el fin de analizarlos y comprender las consecuencias que se generan en el suelo producto de la disposición final de envases de agroquímicos.

### 5.8.3. *Objetivo específico 3*

Para este objetivo, se relaciona el diagnóstico de la disposición final de los envases de agroquímicos con los parámetros fisicoquímicos obtenidos, para conocer las posibles consecuencias en el suelo, por lo que se realizó una adaptación a la matriz de impacto ambiental (Metodología Conesa), en donde se consolidará y analizará la información recolectada, con el fin, de evaluar las consecuencias en las propiedades fisicoquímicas del suelo, resultado de la disposición que los agricultores le dan a los envases de productos químicos.

#### *Metodología Vicente Conesa*

Busca medir de forma detallada el impacto ambiental, esta se basa en la calificación de 11 atributos mediante manera subjetiva, empleando escalas cualitativas o adjetivos en donde fue asignado un valor numérico de manera en que se presenta el impacto (Toro, Martínez, & Martelo, s.f).

- *Naturaleza (Nat)*: Descripción del impacto (positivo o negativo).
  - Impacto positivo: Benéfico respecto al estado.
  - Impacto negativo: Adverso con relación al estado inicial (Cubides & Montaña, 2017).
  
- *Intensidad (In)*: Hace referencia al grado de destrucción (Toro, Martínez, & Martelo, s.f), es decir, la perturbación del área estudiada (Cubides & Montaña, 2017). Se divide en:
  - Intensidad baja: Presenta destrucción mínima en el factor analizado.
  - Intensidad media: Hace referencia a impacto intermedio.
  - Intensidad alta: Su repercusión se manifiesta como una alteración al ambiente.
  - Intensidad muy alta: Expresa una destrucción casi total del ambiente (Ruberto, 2006).
  
- *Extensión (Ex)*: Área de influencia o destrucción (Toro, Martínez, & Martelo, s.f).
  - Puntual: La actividad se produce de forma muy localizada (Ruberto, 2006).
  - Parcial: Se encuentra en uno de los sectores del área total (Cubides & Montaña, 2017).
  - Extensa: Se encuentra en gran parte de área evaluada.
  - Total: Se manifiesta de manera generalizada en el entorno.
  - Crítica: Se presenta en impactos puntuales (Ruberto, 2006).
  
- *Momento (Mo)*: Tiempo transcurrido entre la acción y el impacto (Toro, Martínez, & Martelo, s.f).
  - Largo plazo: Se manifiesta en un lapso de > 3 años.
  - Mediano plazo: Se encuentra entre 1 año y 3 años.
  - Corto plazo: Se considera <1 año.
  - Inmediato: El plazo de tiempo es nulo entre el inicio de la actividad y la manifestación del impacto.
  - Crítico: No depende de un plazo de manifestación sino del momento a realizar la acción (Ruberto, 2006).

- *Persistencia (Pe)*: Tiempo de perduración de la afectación (Toro, Martínez, & Martelo, s.f).
  - Fugaz o momentáneo: Dura menos de 1 año.
  - Temporal o transitorio: Manifestación de 1 a 3 años.
  - Pertinaz o persistente: Entre 4 a 10 años.
  - Permanente o constante: Duración superior a 10 años (Ruberto, 2006).
  
- *Reversibilidad (Rv)*: Es el tiempo que se toma para la reconstrucción del factor ambiental una vez haya terminado la actividad (Toro, Martínez, & Martelo, s.f).
  - Corto plazo: Su recuperación es en periodo < de 2 años
  - Mediano plazo: Se redime en 2 a 10 años.
  - Largo plazo: Se recupera en un tiempo > 10 años (Cubides & Montaña, 2017)
  - Irreversible: Sin posibilidad de recuperación o dificultad para retornar el ambiente a su estado natural (Ruberto, 2006).
  
- *Recuperabilidad (Rc)*: Se refiere a la posibilidad y tiempo en reconstrucción del ambiente luego del impacto (Toro, Martínez, & Martelo, s.f).
  - Recuperable de manera inmediata: La recuperación surge de inmediata.
  - Recuperable corto plazo: Menos de 1 año.
  - Recuperable mediano plazo: Durante 1 a 3 años.
  - Recuperable largo plazo: Lapso de 4 a 10 años (Ruberto, 2006).
  - Mitigable, sustituible o compensable: Puede ser recuperado a través de medidas correctivas (Ruberto, 2006), como: Corrección (encaminadas a recuperar, restaurar o reparar el ambiente), prevención (evitan o minimizan el daño generado), mitigación (reparar o reducir los daños inevitables) y compensación (acciones encaminadas hacia la comunidad) (SDIS, 2013).
  - Irrecuperable: Luego de la alteración al ambiente es imposible reparar (Ruberto, 2006).
  
- *Sinergia (Si)*: Es la interacción con otros aspectos de manera tal que se potencialicen los efectos (Toro, Martínez, & Martelo, s.f).
  - Sin sinergismo o simple: No existe relación entre variables y sin consecuencias con nuevos efectos.
  - Sinergismo moderado: Presencia simultánea entre varias acciones que inciden el ambiente (Roberto, 2006).
  - Muy sinérgico: Efecto total de manifestación de efectos simples generados por acciones simultáneas (SDIS, 2013).
  
- *Acumulación (Ac)*: Incremento de la afectación (Toro, Martínez, & Martelo, s.f).
  - Simple: Su acción es individualizada, es decir, solo u electo ambiental.
  - Acumulativo: Durante el tiempo el impacto tiende a incrementar (Ruberto, 2006).
  
- *Efecto (Ef)*: Relación causa- efecto del impacto (Toro, Martínez, & Martelo, s.f).
  - Indirecto o secundario: Relación de un factor ambiental con otro.
  - Directo o primario: Tiene incidencia inmediata a un factor ambiental (Ruberto, 2006).

- *Periodicidad (Pr)*: Regularidad en la que se manifiesta la actividad (Toro, Martínez, & Martelo, s.f).
  - Irregular, aperiódico y esporádico: Se presencia es de manera discontinua.
  - Periódico o regularidad intermedio: Su efecto es intermitente y continua por el tiempo.
  - Continuo: Se manifiesta de forma regular (Ruberto, 2006).

Tabla 9. Criterios y valoración de la matriz de Conesa.

Matriz Conesa			
Criterio	Rango	Criterio	Rango
<i>Naturaleza (Nat)</i>	Impacto positivo (+) Impacto negativo (-)	<i>Intensidad (In)</i>	Baja(1) Media (2) Alta (4) Muy alta (8) Total (12)
<i>Extensión (Ex)</i>	Puntual (1) Parcial (2) Extensa (4) Total (8) Critica (+4)	<i>Momento (Mo)</i>	Largo plazo (1) Mediano plazo (2) Corto plazo (3) Inmediato (4) Critico (+4)
<i>Persistencia (Pe)</i>	Fugaz (1) Temporal (2) Persistente (3) Permanente (4)	<i>Reversibilidad (Rv)</i>	Corto plazo (1) Mediano plazo (2) Largo plazo (3) Irreversible (4)
<i>Recuperabilidad (Rc)</i>	Inmediata (1) Corto plazo (2) Mediano plazo (3) Largo plazo (4) Mitigable (4) Irrecuperable (8)	<i>Sinergia (Si)</i>	Sin sinergismo (1) Sinergismo moderado (2) Muy sinérgico (4)
<i>Acumulación (Ac)</i>	Simple (1) Acumulativo (4)	<i>Periodicidad (Pr)</i>	Irregular (1) Périodico (2) Continuo (4)
<i>Efecto (Ef)</i>	Indirecto (1) Directo (4)		

Elaborado por autor a partir de Conesa (2010), (Citado en Toro, Martínez, & Martelo,s.f).

Dada la valoración se procede a encontrar el grado de importancia a partir de la siguiente ecuación propuesta por de Conesa, (2010), (Citado en Toro, Martínez, & Martelo, s.f).

*Ecuación 1. Grado de importancia según la valoración con la metodología Conesa.*

$$I = \pm\{(3In) + (2EX) + Mo + Pe + Rv + Rc + Si + Ac + Ef + Pr\}$$

De acuerdo con valor encontrado de importancia se clasifica en:

Tabla 10. Rango de importancia en la matriz Conesa.

Importancia del impacto	
Categoría	Rango
Irrelevante	<25
Moderado	25-50
Severo	50-75
Critico	>75

Elaborado por autor a partir de Conesa (2010), (Citado en Toro, Martinez, & Martelo,s.f).

Donde:

- la *importancia irrelevante*, se refiere a un impacto puntual, de baja intensidad que es reversible en corto plazo y el manejo recomendado es el control y prevención.
- *Importancia moderada*, son impactos de intensidad media y con reversibilidad y recuperabilidad en un mediano plazo, las medidas de manejo son control, prevención y mitigación.
- *Importancia severa*, impactos de intensidad alta o muy alta, que son persistentes y emplea medidas de control, prevención, mitigación y compensación.
- *Importancia crítica*, son impactos de intensidad total, con extensión local, además, son irreversibles y requieren medidas de manejo como control, prevención, mitigación y compensación (SDIS, 2013). Finalmente, se generó una cartilla piloto respecto a la disposición final de envases plásticos de agroquímicos, con el fin, de entregar recomendaciones a los agricultores para que disminuyan sus prácticas en el manejo final de esos residuos, y evitando las consecuencias en el recurso suelo.

### 5.9. Presupuesto

Se obtuvo un diagnóstico económico para poder verificar el suelo en la zona de estudio, por las diferentes actividades que se desarrollan, se destacan los análisis por parte del laboratorio Agrilab y se monetiza el aporte del personal que labora y se obtuvo información necesaria para realizar un primer análisis del estado actual, para más adelante poder contribuir a los agricultores. Véase Tabla 11.

Tabla 11. Presupuesto propuesto para el desarrollo del trabajo.

Presupuesto Evaluación De La Disposición Final De Envases De Agroquímicos, Y Sus Posibles Consecuencias En Los Suelos De La Vereda Lavadero Del Municipio De Fómeque, Cundinamarca.						
Parametro	Detalle	Cantidad	Valor unidad	Total	Total Universidad	
Personal	Daniela Guzmán Bejarano (Estudiante)	8	\$ 925.148		\$ 7.401.184	
	Liliana Figueroa Del Castillo (Director)	1	\$ 6.000.000		\$ 6.000.000	
Materiales	Computador	1	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000		
	Impresiones encuestas	33	\$ 200	\$ 6.600		
Visita de campo (Fómeque)	Pasajes agricultor	4	\$ 10.000	\$ 40.000		
	Pasajes	6	\$ 12.000	\$ 72.000		
	Refrigerio	4	\$ 5.000	\$ 20.000		
	Hospedaje	1	\$ 40.000	\$ 40.000		
	Almuerzo	3	\$ 10.000	\$ 30.000		
	Materiales muestro	Balde	1	\$ 9.900	\$ 9.900	
		Pala	1	\$ 18.900	\$ 18.900	
		Bolsas plasticas para empacar muestra	50	\$ 100	\$ 5.000	
		Cinta	1	\$ 2.500	\$ 2.500	
		Marcador Sharpie	2	\$ 2.000	\$ 4.000	
Laboratorio AgriLab	Análisis de muestras de suelo	5	\$ 40.000	\$ 200.000		
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 2.248.900</b>	<b>\$ 13.401.184</b>	
<b>Total</b>				<b>\$</b>	<b>15.650.084</b>	

Elaborado por autor

## 6. Aspectos éticos

El proyecto no necesita una revisión por el comité de ética, puesto que la investigación que se desarrolló no presenta riesgo alguno, debido a que no se trabaja con animales, niños, comunidades indígenas o que el medio ambiente se vea afectado por el desarrollo del trabajo.

Es importante destacar se trabajará con los agricultores de la vereda lavadero del municipio de Fómeque, puesto que a partir de las actividades que realizan cotidianamente en el suelo, como la disposición final de envases de agroquímicos, se busca brindar nueva información acerca de su uso, manejo y recolección de estos residuos peligrosos, con el fin, de dar solución a las afectaciones que generan en las propiedades fisicoquímicas del suelo de la zona estudiada.

## 7. Resultados

A continuación, se presentan los resultados y análisis por objetivos específicos, donde fueron identificados y valorados los aspectos que influyen en la disposición final de envases plásticos de agroquímicos, así como sus consecuencias en los suelos de la vereda Lavadero del municipio de Fómeque- Cundinamarca.

### 7.1. Objetivo específico 1

De acuerdo con los resultados obtenidos en la encuesta piloto realizada los días 4, 9 y 31 de agosto a una muestra de 33 agricultores residente de la vereda Lavadero, se encontró que el rango de edad de los encuestados era entre 24 y 72 años, donde el 82% corresponden a hombres y el 18% a mujeres, adicionalmente, se encontró que el 82% de los agricultores curso hasta primaria como nivel de formación académica, además, el 64% de los encuestados respondieron que cuentan con vivienda propia.

Se determinó mediante la encuesta piloto que el cultivo de tomate es el más representativo con un 55% en área sembrada que corresponden a 95125 m<sup>2</sup>, donde se encontró que los fertilizantes más empleados en sus cultivos eran Desarrollo, Fitozym y Boramin Ca, por otro lado, los plaguicidas que más se empleaban en los cultivos de la vereda Lavadero eran Forum y Buprofensh, adquiridos en dos distribuidoras de agroquímicos del municipio, además, de emplear la gallinaza como compostaje.

Otra pregunta en la encuesta piloto consistía en conocer la cantidad y frecuencia con la que se aplicaban productos químicos a sus cultivos, donde fue necesario unificar las unidades de medidas para mayor facilidad, con el fin, de encontrar el número de envases generados al año.

El cálculo de envases consistió en investigar la cantidad de agroquímico que contiene un envase de acuerdo con el producto utilizado en la vereda, luego, se procedió a ejecutar una relación entre la cantidad aplicada de producto químico con la frecuencia de aplicación, obteniendo como resultado la cantidad de envases generados al mes, después fue multiplicado por 5 correspondiente a los meses que dura una cosecha, es decir, desde la siembra hasta la recogida del fruto.

Finalmente, teniendo en cuenta que se realizan 2 cosechas al año, se multiplicó el anterior resultado por dos, la información anterior fue suministrada por los agricultores al momento de realizar las encuestas, lo anterior puede resumirse con la siguiente ecuación:

*Ecuación 2. Formula generada para obtener la cantidad de envases de agroquímicos al año*

$$\text{Cantidad de envases al año} = \left[ \left( \frac{\text{Envases} * \text{Días mes}}{\text{Frecuencia de aplicación}} \right) * 5 \right] * 2$$

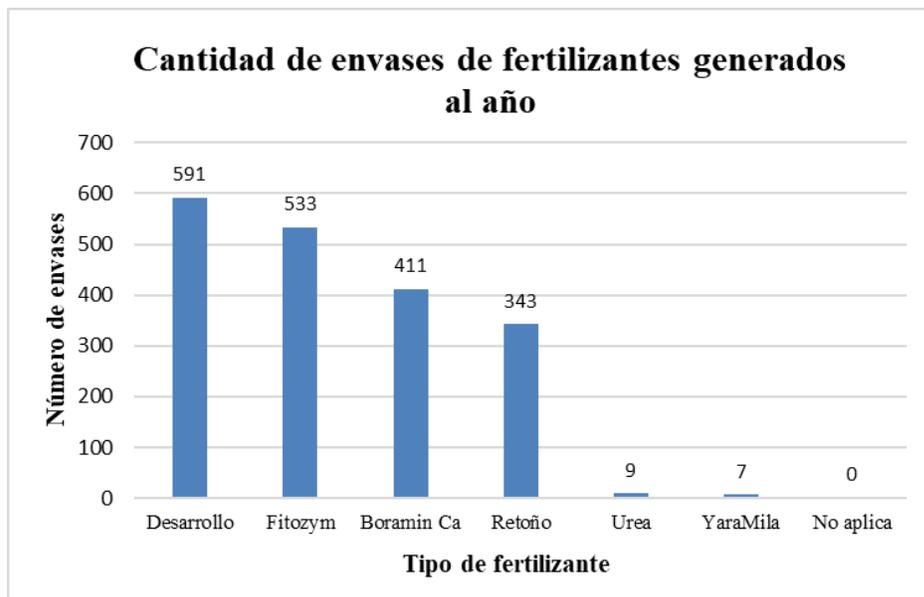
Donde:

- *Envases*: Es el número de envases empleados según el contenido de agroquímico.
- *Días mes*: Corresponde a 30 días.

- *Frecuencia de aplicación:* Días en lo que aplican el agroquímico en el suelo (Recolectado por la encuesta piloto).
- 5: Corresponde a los meses que dura una cosecha de hortalizas.
- 2: Número de cosechas que se realizan al año.

De acuerdo con lo anterior, el resultado encontrado fue el total de 1894 envases empleados en la fertilización de los cultivos de la vereda Lavadero durante un año (ver Figura 8).

Figura 8. Cantidad de envases generados al año según el tipo fertilizante.



Elaborado por autor

Adicionalmente, se encontró la cantidad de envases según el tipo de fertilizante con respecto a la disposición final de esos residuos (ver Tabla 13), donde 853 envases son quemados a cielo abierto, 746 envases son dejados en el suelo y 295 envases son entregados al camión por algunos agricultores.

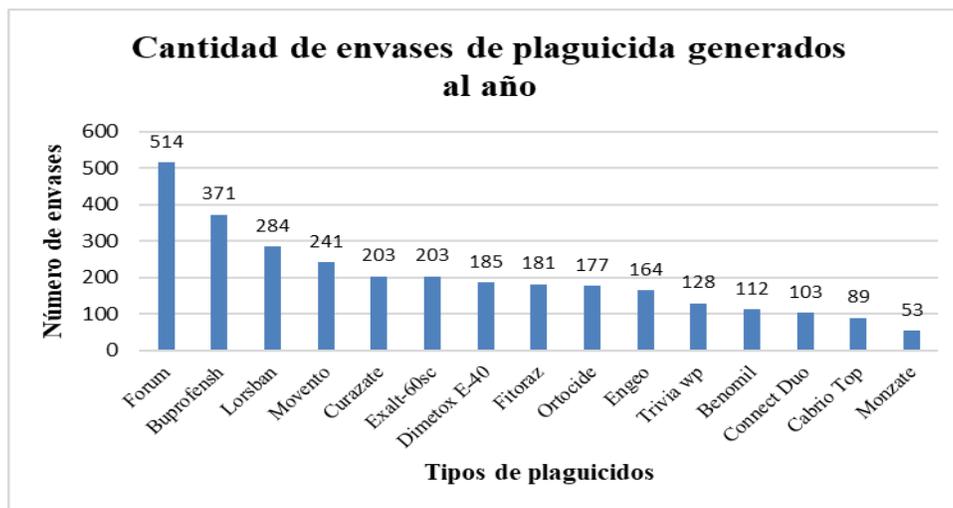
Tabla 12. Disposición final en el suelo según el tipo de fertilizante.

Tipo de fertilizantes	Disposición final envases			
	Dejan en el suelo	Quemas a cielo abierto	Recoge camión	Total general
Desarrollo	366	150	75	591
Fitozym	0	383	150	533
Boramin Ca	185	226	0	411
Retño	190	85	68	343
Urea	4	4	1	9
YaraMila	1	5	1	7
<b>Total por disposición</b>	<b>746</b>	<b>853</b>	<b>295</b>	<b>1894</b>

Elaborado por autor

Se realizó el mismo procedimiento para encontrar la cantidad de envases de plaguicidas, donde el total fue de 3005 envases al año (ver Figura 9).

Figura 9. Cantidad de envases generados al año según el tipo plaguicida.



Elaborado por autor

Posteriormente, se realizó la Tabla 13, donde relaciona la cantidad de envases de plaguicidas con la disposición final, se encontró que 1164 envases son dejados en el suelo, 1561 son quemados a cielo abierto y 280 envases son entregados al camión según las encuestas realizadas.

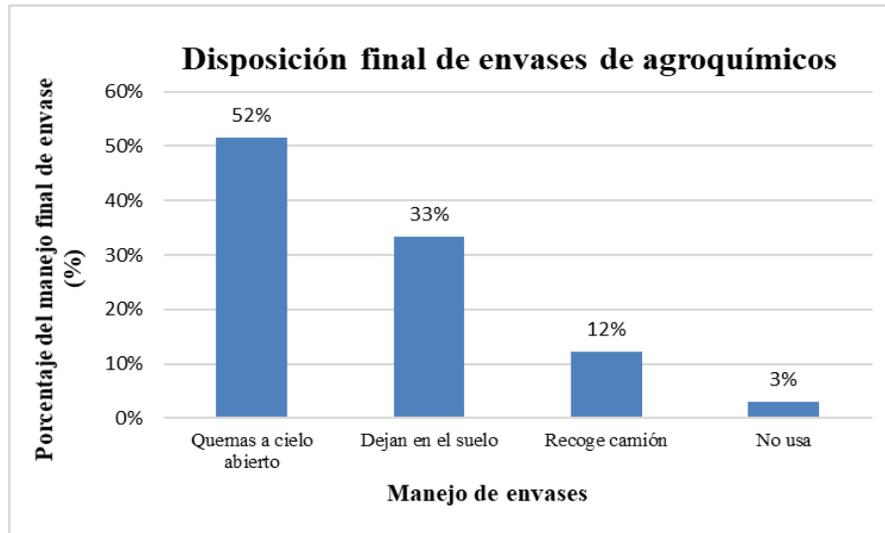
*Tabla 13 Disposición Final en el suelo según la cantidad de envases de plaguicidas generados al año.*

Tipo plaguicida	Disposición final envases			
	Dejan en el suelo	Quemas a cielo abierto	Recoge camión	Total general
Forum	294	220	0	514
Buprofensh	0	315	56	371
Lorsban	149	135	0	284
Movento	155	86	0	241
Curazate	30	173	0	203
Exalt-60sc	65	119	19	203
Dimetox E-40	165	20	0	185
Fitoraz	50	93	38	181
Ortocide	58	44	75	177
Engeo	33	104	27	164
Trivia wp	56	25	47	128
Benomil	8	101	4	112
Connect Duo	0	88	15	103
Cabrio Top	69	20	0	89
Monzate	33	20	0	53
<b>Total general</b>	1164	1561	280	<b>3005</b>

Elaborado por autor

De acuerdo con los encuestados se encontró que el 100% de esos envases son fabricados a partir del plástico, donde las marca que predomina en la zona para fertilizantes fueron Arysta Lifescience Colombia y Cenegral S.A.S, mientras, para los plaguicidas Bayer S.A y BASF Química Colombiana S.A y Dow Agrosiences. Por otro lado, se encontró la disposición final de que los agricultores encuestados le dan a los envases de agroquímicos (ver Figura 9), donde se encontró que el 52% de los agricultores quemar a cielo abierto estos residuos plásticos, el 33% los dejan el suelo, el 12% espera que los recoja el camión de Corpoguavio que pasa cada 5 meses o un año, según, los comentarios realizados por los encuestados, finalmente, solo 3% respondió que no usa envases de agroquímicos que corresponde un agricultor que emplea productos orgánicos en sus cultivos como el abono negro y la gallinaza.

Figura 10. Disposición final de envases de agroquímicos en el suelo de la vereda Lavado.



Elaborado por autor

Por consiguiente, se evidenció mediante el registro fotográfico tomado en campo (Figura 11), el punto donde han realizado quemadas a cielo abierto de residuos plásticos de agroquímicos en el suelo, que posteriormente, fue analizado en el muestreo de suelo correspondiente al punto La Huerta.

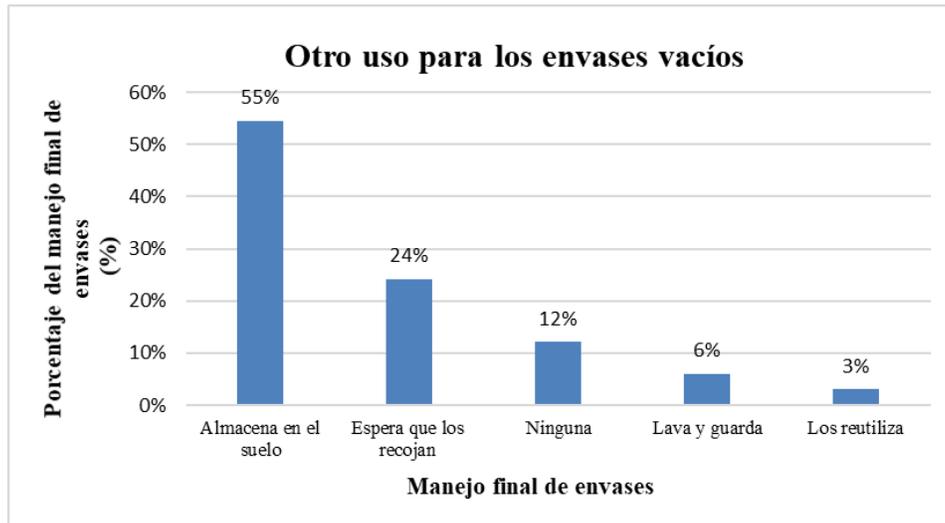
Figura 11. Zona donde han realizado quema de envases de agroquímicos en el punto de muestreo La Huerta.



Tomadas por autor

Así mismo, se les pregunto que otro uso final les daba a esos envases plástico, una vez emplearan todo el contenido del producto (ver Figura 12), donde 55% lo almacena en el suelo ya sea en bolsas o lonas, el 24% esperan a que los recojan los encargados, el 12% no realiza ningún uso adicional a esos envases, solo la disposición final que fue mencionada anteriormente, el 6% los lava y guarda ya sea para almacenarlos en el suelo o quemarlos, por último solo el 3%, es decir, una persona los reutiliza para reenvasar gasolina.

Figura 12. Otro uso final que los agricultores le dan a los envases vacíos de agroquímicos.



Elaborado por autor

Lo anterior, se evidenció mediante el registro fotográfico tomado en campo (Figura 13), como algunos de los envases de agroquímicos eran dejados en el suelo, siendo una amenaza para los pobladores de la zona y el recurso suelo.

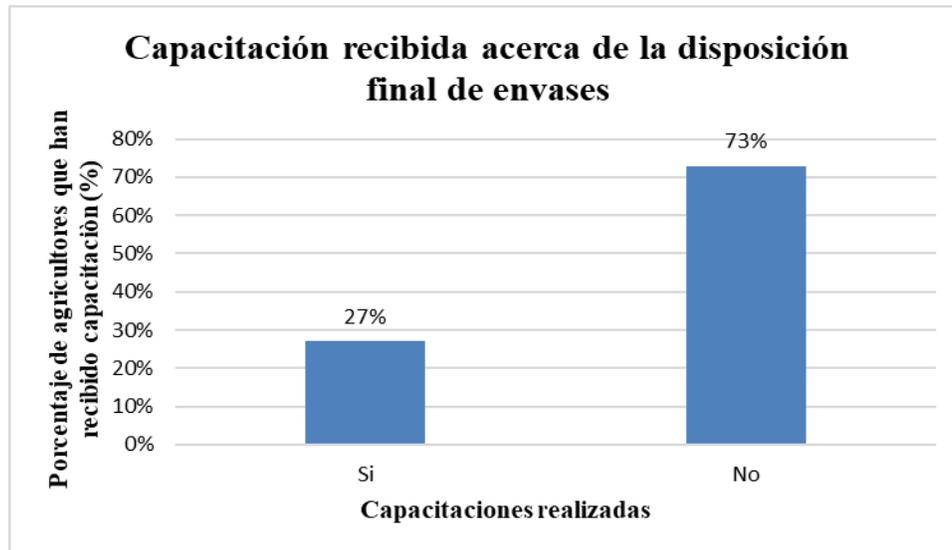
Figura 13. Fotografías de la disposición final de envases de agroquímicos en el suelo.



Tomadas por el autor

Finalmente, se halló que el 73% de los encuestado no han recibido capacitación acerca de la disposición final de envases de agroquímicos, mientras que, el 27% respondió que sí han recibido charlas donde les explicaron acerca del lavado de los envases (triple lavado), la forma de separar las tapas y entregar estos residuos plásticos, las charlas fueron realizadas por la alcaldía municipal de Fómeque, Corpoguavio y Campo limpio hace 4 años (ver Figura 14), información suministrada por los agricultores encuestados.

Figura 14. Agricultores que han recibido capacitaciones acerca de la disposición final de envases de agroquímicos.



Elaborado por autor

### 7.2. Objetivo específico 2

Para el muestreo de suelo realizado el día 31 de agosto del 2019 en la vereda Lavadero, se analizaron las propiedades físicas como densidad aparente, saturación de humedad y textura, mientras que, los parámetros químicos analizados fueron pH, materia y carbono orgánico (ver Tabla 14).

Tabla 14. Parámetros fisicoquímicos según el punto de muestreo en los suelos de la vereda Lavadero.

Codificación	Punto muestreado	Parámetros fisicoquímicos						Textura
		Relación disposición final - suelo	pH	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Saturación de humedad (%)	Materia orgánica (%)	Carbón orgánico oxidable (%)	
M04	Bosque natural	Bosque natural	5,24	0,95	81,00	8,55	4,96	Arcillosa
M01	El Edén	Quema	4,76	1,29	63,50	1,97	1,14	
M02	La Huerta	Quema	6,59	1,12	60,70	4,47	2,59	
M03	San Antonio	En el suelo	6,22	1,12	61,80	4,60	2,67	
M05	La Mayeya	Quema	5,28	1,10	79,80	4,71	2,73	

Elaborado por autor

Adicionalmente, se observa la distribución de las partículas minerales como arcilla, arena y limo en los suelos muestreados, donde se pueden ver cambios en las diferentes clases de partículas, puesto que, la textura influyen en la fertilidad, determina la velocidad de consumo de agua, el almacenamiento de agua

en el suelo, la facilidad de labrar la tierra y la aireación de la misma (USDA, 1999), para los suelos estudiados se puede inferir que retiene mayor cantidad de agua debido a su textura arcillosa, además, como se observa en Tabla 15, el porcentaje de arcilla en todos los suelos muestreados fue mayor que las partículas de arena y limo.

*Tabla 15. Componentes de la textura en los puntos de muestreo de suelo.*

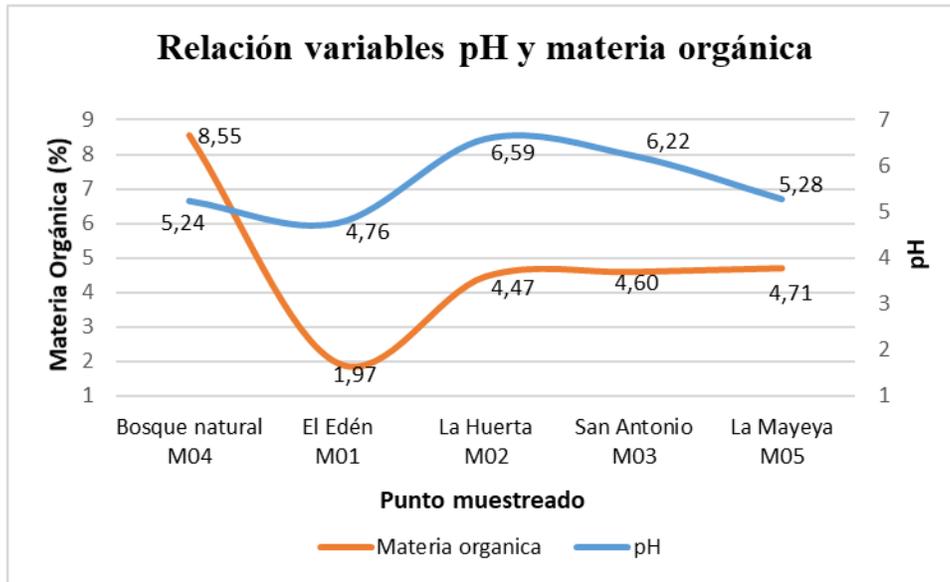
Muestras	Determinación de la textura		
	Arcilla (%)	Arena (%)	Limo (%)
Bosque natural	46,00	16,00	38,00
El Edén	58,00	32,00	10,00
La Huerta	54,00	26,00	20,00
San Antonio	58,00	22,00	20,00
La Mayeya	52,00	20,00	28,00

Elaborado por autor

Seguido se realizó una relación entre la variable pH y materia orgánica, puesto que son indicadores de la capacidad productiva del suelo (Sainz, Echeverría, & Angelini, s.f.), de acuerdo USDA (1999), el pH afecta la disponibilidad de los nutrientes, la actividad de microorganismos y la solubilidad de minerales en el suelo, según, National Soil Survey Manual (1993) y de Troch y Thompson (1993), las condiciones edáficas según el pH corresponde a suelos forestales húmedos, donde es considerado un pH fuertemente ácido para bosque natural, muy fuertemente ácido para el punto de muestreo El Edén, para el punto la Huerta el pH es neutro, el punto San Antonio cuenta con un pH ligeramente alcalino y finalmente, la finca La Mayeya el pH fue fuertemente ácido (Citado en USDA, 1999). En resumen, el pH para los puntos de muestreo corresponde a suelos ácidos.

Por otro lado, la materia orgánica cuando presenta niveles elevados se encuentra en zonas naturales (Sainz, Echeverría, & Angelini, s.f.), como fue el caso para el bosque natural (el blanco), el cual presentó 8,55% de materia orgánica, mientras, que los otros puntos zonas que han presentado quemados y abandono de envases plásticos en el suelo, disminuyó en gran parte esta propiedad química (ver Figura 15).

Figura 15. Relación de los parámetros pH y materia orgánica para los puntos de muestreo de suelo.

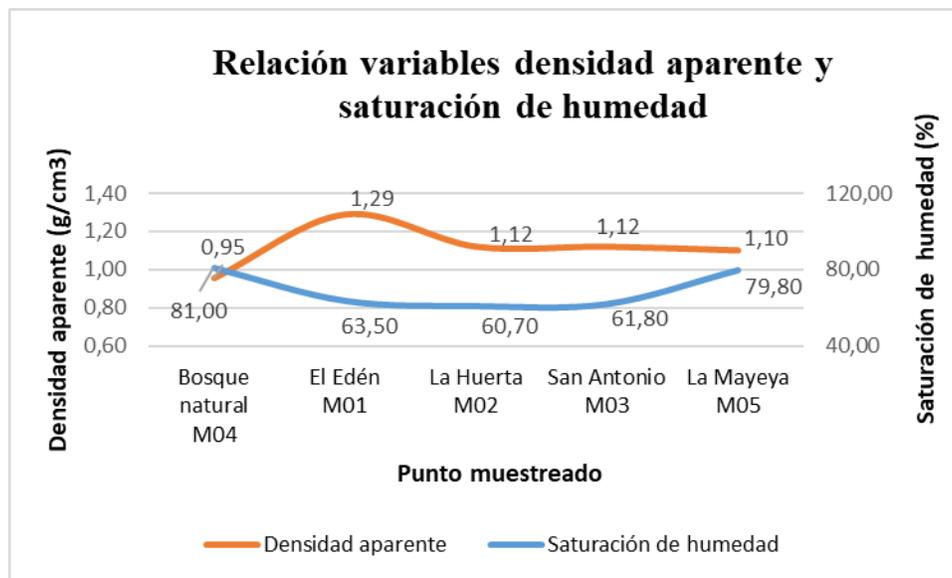


Elaborado por autor

La densidad aparente puede funcionar como indicador de compactación y de restricción para el crecimiento de las raíces. Para suelos arcillosos, es decir, que tienen más del 45% de arcilla, la densidad aparente ideal es  $<1,10 \text{ g/cm}^3$  (USDA, 1999), donde la mayoría de los suelos analizados contó con esa condición, de acuerdo, con la saturación de humedad se refiere al contenido de agua en el suelo cuando ya todos los espacios u poros están llenos (Shaxson & Barber, 2005).

Este se relaciona con el régimen de humedad údico, puesto que ese tipo que se presenta en los suelos estudiados, donde los suelos no están secos al menos 90 días acumulativos en años normales, este se encuentra presente en suelos de climas húmedos y cuentan con una precipitación bien distribuida (FAO, 2009). Estas características fueron encontradas en los suelos de la vereda Lavadero.

Figura 16. Parámetros densidad aparente y saturación de humedad según el punto de muestreo de suelo.



Elaborado por autor

De acuerdo con la Figura 15, se puede observar que la densidad aparente aumento en comparación con el punto muestreado del bosque natural, donde inicialmente fue de 0,95%, indicando que el suelo para los puntos donde ha sido quemado y abandonado los envases plásticos, son suelos más compactados, que pueden afectar la retención de humedad generando que se restrinja el crecimiento de raíces (Salamanca & Sadeghian, 2005). Se pudo constatar que los resultados obtenidos en la saturación de humedad disminuyeron considerablemente debido a que el suelo ya no almacena la misma cantidad de agua producto de la quema de envases de agroquímicos en el suelo, como se presentó en el punto la Huerta donde hubo mayor reducción de esta propiedad.

### 7.3. Objetivo específico 3

Se realizó una matriz de evaluación de impacto ambiental empleando la metodología de Vicente Conesa (ver Tabla 17), donde fue posible identificar el grado de importancia del impacto según la temática social y ecológica, encontrando impactos moderados a severos ocasionados por la disposición final de envases plásticos de agroquímicos, respecto al componente social se evaluó la cantidad generada de envases plásticos dado una importancia 38 y la ausencia de capacitaciones acerca del manejo de envases de agroquímicos con una importancia 32, lo que se clasifican como impactos moderados, que se refieren a una afectación de intensidad media, la cual puede ser reversible y recuperable en un mediano lapso de tiempo ya sea con medidas de control, prevención y mitigación (SDIS, 2013).

Por otro lado, para el aspecto suelo se idéntico los principales impactos que se relaciona con la disposición final de envases puesto que fueron seleccionado dadas las respuestas de los agricultores encuestados, determinado la quema y dejándolos en suelo como las principales formas de eliminación de estos residuos plásticos.

Para los impactos del manejo final de envases de agroquímicos que comprenden la quema y abandono en el suelo, se relacionaron con las propiedades fisicoquímicas como pH, saturación de humedad, carbón orgánico, materia orgánica, densidad aparente y textura; dando como resultados impactos de importancia severa con calificaciones de 64 y 65, indicando que son afectaciones en el suelo de intensidad alta o muy alta y que son persistentes esto concierne con los encontrado en campo pues estas prácticas de eliminación de envases de agroquímicos se han venido realizan generación tras generación según lo expresaron los encuestados, las medidas de manejo ante estos impactos son las de control, prevención, mitigación y compensación (SDIS, 2013).

En términos generales se evidencia que los envases plásticos de agroquímicos están siendo un inconveniente para la vereda lavadero, debido a los medios de eliminación que realizan los agricultores de la zona ocasionando que las propiedades fisicoquímicas se vean modificadas al no disponer adecuadamente estos residuos peligroso.

Finalmente, se generó una cartilla (Anexo 2), donde se menciona el manejo de los envases de agroquímicos, para tal fin, se desglosó las etapas del manejo integral de envases que consisten en el triple lavado, la inutilización, separación, embalado, acopio y devolución, explicando brevemente cada una de estas fases, después, se procedió a describir el estado en el que se encuentra la vereda Lavadero, resaltando los resultados más importantes de la encuesta piloto, como la cantidad de envases generados al año, la disposición final que los agricultores le dan a los envases de agroquímicos y, por último, el porcentaje de los encuestados que ha recibido capacitación acerca del manejo final de envases de agroquímicos.

Posteriormente, se mencionó los impactos que genera la quema y el abandono de envases plásticos en el suelo, indicando afectaciones como eliminación de capa vegetal, de la erosión del suelo, el incremento en la escorrentía, la afectación de los organismos en el suelo, entre otros, finalmente, la cartilla se concluye con algunas recomendaciones enfocadas al diseño de capacitaciones o charlas acerca del manejo final de envases plásticos de agroquímicos, y al seguimiento y control por parte de las entidades correspondientes.

Tabla 16. Evaluación mediante la metodología de Vicente Conesa de los impactos generados en la vereda Lavadero, respecto a la disposición final de envases de agroquímicos.

Matriz Vicente Conesa																
Temática	Aspecto	Impacto			Criterios											
					Nat	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Si	Ac	Ef	Pr	Rc	Importancia
Social	Agricultores	Cantidad de envases plásticos generados			-	4	4	3	2	2	2	4	1	2	2	38
		Ausencia de capacitaciones para el manejo de envases de agroquímicos			-	4	4	2	2	1	2	1	1	1	2	32
Ecológico	Suelo	Manejo de envases plásticos de agroquímicos	Quema	pH	-	8	1	4	4	4	4	4	4	2	8	64
				Saturación de humedad	-	8	1	4	4	4	4	4	4	2	8	64
				Carbono Orgánico	-	8	1	4	4	4	4	4	4	2	8	64
				Materia Orgánica	-	8	1	4	4	4	4	4	4	2	8	64
				Densidad aparente	-	8	1	4	4	4	4	4	4	2	8	64
				Textura	-	8	1	4	4	4	4	4	4	2	8	64
		Manejo de envases plásticos de agroquímicos	Depositados	pH	-	8	4	1	4	4	4	4	4	4	4	65
				Saturación de humedad	-	8	4	1	4	4	4	4	4	4	4	65
				Carbono Orgánico	-	8	4	1	4	4	4	4	4	4	4	65
				Materia Orgánica	-	8	4	1	4	4	4	4	4	4	4	65
				Densidad aparente	-	8	4	1	4	4	4	4	4	4	4	65
				Textura	-	8	4	1	4	4	4	4	4	4	4	65

Elaborado por autor

#### 7.4. *Discusión*

En el municipio de Fómeque, se presentan principalmente siembran de hortalizas, que generalmente se consideran cultivos transitorios, por lo que, se realizan dos cosechas al año, actividad que ocasiona mayor demanda de productos de agroquímicos; de acuerdo con el procesamiento de datos que se obtuvo en la encuesta piloto, realizada los días 4, 9, y 31 de agosto del presente año en la vereda Lavadero, se encontró que el cultivo de tomate es el más representativo con un 55% en área sembrada que corresponden a 95125 m<sup>2</sup>, que de acuerdo a Corpoguavio (2017), a mayor densidad de área sembrada mayor será los residuos de envases de agroquímicos generados en la cosecha.

Por lo que, se determinó que los productos químicos más empleados en los cultivos de la zona eran Desarrollo, Fitozym y Boramin Ca, correspondiente a fertilizantes (ver Figura 8), y productos de plaguicida como Forum y Buprofensh (ver Figura 8), eran los de mayor uso en la vereda Lavadero, los anteriores eran adquiridos en dos distribuidoras de agroquímicos del municipio.

Al analizar la información recolectada en la encuesta piloto, se logró determinar la cantidad de residuos plásticos generados en la zona de estudio donde el resultado fue de 4899 envases vacíos de agroquímicos, distribuidos en 1894 envases correspondientes a fertilizantes (ver Tabla 12) y 3005 envases de plaguicidas (ver Tabla 13), de los cuales el 52% son quemados a cielo abierto, el 33% son abandonados en el suelo, el 12%, es decir, solo 4 personas esperan que los recoja la entidad encargada que para el municipio de Fómeque corresponde a la Corporación Campo Limpio (ver Figura 10). Adicionalmente, se encontró otro uso final que los agricultores le dan a los envases de agroquímicos, donde el 6% los lava y guarda ya sea para almacenarlos o quemarlos en el suelo y el 3% los reutiliza para reenvasar gasolina (ver Figura 12).

De acuerdo a Corpoguavio (2017), Campo Limpio es la entidad la asignada para la recolección, transporte y tratamiento final de los residuos posconsumo de agroquímicos, además, en el estudio que realizó en el año 2017, menciona que el municipio cuenta con un punto de acopio de residuos de posconsumo de agroquímicos, el cual facilitaba el acceso, transporte y recolección de estos residuos por parte del gestor en ese caso Campo limpio, pero al preguntarle al señor Fernando Rincón un agricultor de la vereda Lavadero manifestó que ese punto se encuentra en el polideportivo cerca de la plaza de mercado del municipio, donde solo se almacenan residuos sólidos (cartones, botellas de refrescos, papel ,etc), esa información fue suministrada al momento de realizar la encuesta piloto, por lo que, se puede decir que el municipio no cuenta con una zona apta para disponer esos envases de agroquímicos conforme a la normativa colombiana (Resolución 693 del 2007) ver Tabla 2, factor que genera que se presenten quemados y abandonos de residuos plásticos en los suelos de la vereda.

Otro aspecto relevante que se encontró en la encuesta piloto fue que el 73% de los encuestado no han recibido ninguna capacitación acerca de la disposición final de envases de agroquímicos, mientras que, el 27% mencionaron que, si ha recibido capacitaciones por parte de la alcaldía, Corpoguavio y Campo limpio acerca de lavado, separación y entrega de envases vacíos que contuvieron productos químicos, las cuales fueron realizas hace más de 4 años.

Se puede decir que 8 de las marcas más comercializadas en la vereda Lavadero hacen parte de las empresas aliadas de la Corporación Campo Limpio, donde se encuentra Bayer S.A, Arysta Lifescience Colombia, ASF Química Colombiana S.A, Dow Agrosiences, Dupont de Colombia, Syngenta S.A y Yara Colombia, las cuales las mayorías cuentan con programas de almacenamiento y manejo de plaguicidas o fertilizantes, donde se puede inferir que a pesar de que se cuenta con programas no son divulgados en todo el municipio lo que ocasiona que la disposición final de envases sea inadecuada a causa de la desinformación de los pobladores.

Es factible mencionar que hay una gran diferencia en los resultados encontrados por Corpoguavio en el 2017 con los del presente estudio, donde ellos afirmaron que los agricultores del municipio realizan una adecuada separación de envases de agroquímicos y son entregados a Campo limpio, puesto que en la vereda Lavadero no se presenta ninguno de esas dos situaciones, sino por el contrario se demuestra mediante los resultados de la encuesta piloto, que los métodos de disposición final de los envases de agroquímicos son la quema y abandono en el suelo, evidenciando que la vereda no es muy activa en los programas de manejo final de residuos peligrosos, así como la ausencia de capacitación por parte de las entidades autorizadas acerca del uso y manejo final de esos envases de agroquímicos.

En síntesis, los envases vacíos de agroquímicos son un problema para los suelos de la vereda Lavadero del municipio de Fómeque, donde se encontró que de los 33 encuestados ninguno realiza una disposición final de estos residuos conforme como lo establece la norma Colombiana en el decreto 1443 del 2004 (ver Tabla 1), que hace referencia a las medidas ambientales para el manejo de los plaguicidas y la prevención y manejo seguro de los residuos peligrosos provenientes de estos mismos (MinAmbiente, 2004).

Es importante mencionar que los envases de agroquímicos que circulan por la vereda Lavadero son fabricados de plástico, lo que genera diferentes cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo, lo anterior pudo ser evidenciado en los resultados de laboratorio del muestreo de suelo, pues se encontró que para la densidad aparente, respecto al lugar donde se ha depositado envases de agroquímicos en el suelo, es decir, el punto San Antonio (Figura 16), presentó un aumento ( $1,12 \text{ g/cm}^3$ ) en esa propiedad comparado con el blanco, correspondiente al bosque natural ( $0,95 \text{ g/cm}^3$ ), pues uno de los factores que influyo en el resultado fue que eran suelos más compactos, a pesar que los dos contaran con la misma textura arcillosa, al aumentar la densidad aparente se afectan la retención de agua por lo que la saturación de humedad, disminuyó al 61,8%; logrando inferir que se redujo el espacio poroso haciendo que el desplazamiento del flujo de agua fuera difícil, evento que no sucedió en el bosque natural donde la saturación de humedad fue del 81%.

La Figura 16, registra que donde la humedad del suelo fue baja, los datos de la densidad aparente fueron superiores.

Respecto a la materia orgánica en el punto San Antonio, disminuyó al 4,60%, producto del abandono de los envases plásticos en el suelo pues con el tiempo estos se desintegran en partículas más pequeñas denominadas microplásticos las cuales pueden ser incrustadas en las matrices de los suelos, generando que las condiciones naturales del suelo cambien, además, se puede deducir que a medida que la materia orgánica y el espacio poroso disminuyan la densidad aparente aumenta, finalmente, el pH fue catalogado

como ligeramente alcalino con 6,22 en el punto San Antonio, mientras, que el punto del bosque natural correspondía un pH fuertemente ácido con 5,24 (Ver Figura 15).

Respecto a los datos encontrados para el muestreo de suelo donde han sido afectados por la quema de envases de plástico, que corresponde a los puntos de El Edén, La Huerta y La Mayeya, se identificó que la densidad aparente mostró un aumento luego de la quema, ya que reduce la porosidad en las primeras capas del suelo, para el punto el Edén fue de 1,29 g/cm<sup>3</sup>, la Huerta con 1,12 g/cm<sup>3</sup> y La Mayeya fue de 1,10 g/cm<sup>3</sup>, al momento de realizar la quema la fase sólida del suelo se endurece por lo que la saturación de humedad disminuyó en todos los puntos muestreados con valores de 63,50% para el Edén, La Huerta con 60,7% y 79,8% para La Mayeya (Ver figura 16), de igual forma se observa que estas dos propiedades físicas son inversamente proporcionales.

Respecto al pH, se encontró un aumento en los puntos de muestreo siendo pH fuertemente ácidos, aunque el punto de La Huerta contó con un pH neutro, esto pudo suceder por la cantidad de ceniza generada en la quema lo que hizo que se incrementaran las bases y el pH del suelo, en cuanto al punto el Edén el pH fue muy fuertemente ácido y La Mayeya su pH correspondió a fuertemente ácido (ver Figura 15). Ese aumento de acidez está relacionado con la adición de ceniza luego de la quema, la oxidación rápida de la materia orgánica y la reducción de humedad del suelo (Sandoval & Suarez, 2017).

Por otro lado, la quema ocasionó una disminución de la materia orgánica, generando pocas partículas de carbono orgánico como se evidencia en los puntos el Edén fue de 1,97%, la Huerta 2,59% y la Mayeya 4,71%, las cuales fueron eliminadas al contacto con el fuego, la afectación se evidenció al perder la cobertura vegetal y la hojarasca del suelo, situación que no se presenta en el punto de bosque natural que cuenta con un 8,55% de materia orgánica y 4,96% de carbón orgánico oxidable (ver Tabla 14).

Con respecto a la textura se puede observar que el contenido de limo disminuyó considerablemente, mientras, que el contenido de arena aumentó en los tres puntos de muestreo correspondiente a zonas donde han quemado envases plásticos de agroquímicos, por otro lado, la arcilla es un mineral poco modificable al contacto con el fuego como se evidenció en los puntos muestreados que su aumento fue mínimo teniendo como base que para el bosque natural fue de 46% el contenido de arcilla, mientras, que en los puntos con quema de residuos plásticos estuvo entre 52 a 54% (ver Tabla 15).

Finalmente, fue importante tener en cuenta las variables al momento de analizar los impactos encontrados con la metodología de Conesa, donde el objeto central fue definir los efectos que tiene los hábitos generados por los habitantes de la vereda Lavadero, relacionado con la disposición final de envases de plaguicidas y fertilizantes de mayor demanda, dando como resultados una intensidad de impacto moderada debido a la ausencia de capacitaciones acerca de la disposición final de envases de agroquímicos y la cantidad que se genera al año de estos envases, además, se presentó el impacto de intensidad severa, el cual evaluaba la afectación en las propiedades fisicoquímicas del suelo que ha sido intervenido por la quemas y abandono de envases de plástico, donde se observó que estos residuos plásticos sí afectan al suelo y se presentan diferentes modificaciones en el suelo las cuales ya fueron mencionadas durante el desarrollo del trabajo.

## 8. Conclusiones

De acuerdo con los resultados de la encuesta piloto, se realizó un primer diagnóstico de la situación que presenta la vereda Lavadero respecto a la disposición final de envases de agroquímicos, donde fue posible encontrar que al año se generan 4899 residuos plástico que corresponde a envases de fertilizantes y plaguicida, los cuales el 52% son eliminados mediante la quema a cielo abierto y el 33% son abandono en el suelo, disposición final que los agricultores de la zona realizan.

De igual forma, se presenta que un porcentaje mínimo de agricultores (12%), espera que el camión de Campo limpio los recoja, actividad que se realiza cada 6 o más meses, lo que conlleva a que realicen acciones alternas como almacenarlos en suelo, lavarlos y guárdalos o en los peor de los casos reutilizarlos.

Respecto al muestreo de suelo se observó que las propiedades fisicoquímicas de este, cambiaron considerablemente respecto al punto del bosque natural (blanco), que corresponde a la zona de condiciones nativa en la vereda Lavadero, encontrando que las propiedades físicas como densidad aparente y saturación de humedad son inversamente proporcionales, esto se debe a que al reducir los agregados del suelo impide que exista un flujo agua lo que conlleva a que presente una alta densidad aparente y una baja saturación de humedad, caso que ocurrió en puntos donde se veía afectado el suelo por quema o abandono de envases plástico de agroquímicos.

En cuanto a las propiedades química, el pH fue catalogado para los suelos de la vereda Lavadero como ácido, donde la ceniza influyo en el punto la Huerta volviendo el pH neutro, esto se debe a la reacción alcalina que se generadas en la quema, mientras, que para la materia orgánica se encontró que disminuyó en todo los punto de muestreo, lo que ocasiona que se destruyan los agregados del suelo, y finalmente, el carbono orgánico, se pierde durante la quema.

Los indicadores del suelo que se vieron impactados negativamente, producto de la disposición final de envases y quema de los mismos, fue la materia orgánica, pH, densidad aparente y saturación de humedad, los anteriores comparados con el punto del bosque natural, es decir, el blanco; lo que genera a futuro una degradación de los suelos, compactación y disminución de la fertilidad, afectando la seguridad alimentaria y biodiversidad de la vereda, producto del manejo final que los agricultores le dan a los envases generados en la producción agrícola.

Igualmente, se encuentra que de los 5 puntos muestreados, el punto del Edén presentó mayor afectación en las propiedades fisicoquímicas del suelo, debido a la quema de plástico sobre el suelo, puesto que fue la zona donde no hacía más de dos semana que había empleado el fuego para eliminar sus residuos plásticos agrícolas, además, se debe resaltar que el punto el Edén cuenta con una alta pendiente de 32,4%, lo que acelera el proceso erosivo natural del suelo, puesto que desgasta el suelo generando un desplazamiento en la capa superior del mismo producto del agua y viento que ejercen presión sobre el suelo, por consiguiente genera la degradación del suelo, impactando a futuro el desarrollo económico y social de la zona .

A través de la matriz de Vicente Conesa, se conoció el grado de impacto que se genera a nivel social y ecológico, puesto que se analizaron aspectos específicos resultados de la encuesta piloto y el muestreo de suelo en zonas afectadas por la disposición final de envases, donde se encontraron impactos moderados a severos, indicando que la vereda Lavadero si está siendo afectada por la quema o abandono de residuos plástico de agroquímicos en el suelo, lo que conlleva a que se pierda la calidad del suelo.

Por ende, es necesario desarrollar actividades que mitiguen y controlen aquellos aspectos negativos en el suelo y la comunidad de agricultores de la vereda Lavadero, por lo que, se generó una cartilla como base para realizar la disposición final acorde a la normativa, además, de contener aspectos relevantes de la presente investigación, con el fin, de crear un instrumento de apoyo para los pobladores de la zona, incentivando a que realicen un adecuado manejo final de envases de agroquímicos.

Finalmente, este estudio es un primer diagnóstico del resultado de las prácticas que realizan los agricultores en la disposición final de los envases de agroquímicos y su consecuencia en los suelos de la vereda Lavadero, para más adelante seguir con procesos que contribuyan con la solución del problema, es decir, que se cumpla con una adecuada gestión para los envases vacíos de productos químicos.

Por lo que, el aporte a futuro que se realiza desde el ámbito de la Ingeniera Ambiental, es la propuesta de un plan de gestión integral de residuos peligrosos en especial de agroquímicos, donde se muestre a través de este trabajo de grado, las acciones que ejecutan los agricultores respecto a la disposición final de envases de productos químicos y sus consecuencia en las propiedades fisicoquímicas del suelos, con fin, de generar una herramienta base para otros municipios, donde se vea involucrado los aspectos del manejo final, como lo es el triple lavado, la inutilización de esos envases, la separación, embalado, acopio y devolución, así, como estrategias que deben ser desarrolladas para la implementación y cumplimiento de esta misma.

## 9. Recomendaciones

- Desarrollar capacitaciones o charlas por partes de las empresas distribuidoras de agroquímicos o demás organizaciones en la que el municipio de Fómeque se encuentra en su jurisdicción, para así, lograr una disminución en esas prácticas de manejo final que perjudican el recurso suelo, además, es importante llevar un control y cumplimiento de la normativa, puesto que a pesar de que exista, no se desarrolla a cabalidad.
- Se debe continuar evaluando periódicamente los indicadores de materia orgánica, pH, y saturación de humedad, para registrar los cambios que se presentan en la dinámica del suelo de la zona de estudio.
- Para posteriores estudios, se sugiere incluir en el muestreo de suelo análisis de estructura, conductividad eléctrica y un análisis microbiológico y de mesofauna, para conocer cómo estos organismos se ven afectados al disponer plástico en el suelo, en este caso con la presencia de microplásticos.
- Se sugiere para posteriores estudios incluir el análisis de residuos de agroquímicos dentro la composición química del suelo, con el fin, de conocer el impacto negativo de estos productos sobre el perfil del suelo.
- Ver la factibilidad de realizar un centro de acopio para residuos peligrosos, en puntos estratégicos de municipio, con el fin, de mejorar la recolección de estos desechos por parte de los entes autorizados, además, de fomentar el triple lavado en la zona, con fin, de realizar una adecuada entrega a los gestores de recolección de residuos peligrosos, para que estos efectúen una adecuada disposición final.
- Presentar la propuesta de cartilla acerca del manejo de la disposición final de envases de agroquímicos en el recurso suelo, con los pobladores de la vereda Lavadero, con el fin, de mejorar las prácticas respecto al manejo final de los mismo y asegurar la calidad del suelo.

## 10. Referencias bibliográficas

- Alcaldía Municipal de Fómeque. (2016). Plan de desarrollo municipal 2016-2019. Fómeque: Departamento de Cundinamarca.
- Alcaldía Municipal de Fómeque. (2018). Suscrita secretaria de planeación. Fómeque: Oficina de Planeación y Control interno.
- ANDI. (2003). Guías Ambientales para el Subsector de Plaguicidas. Bogotá: PRODUMEDIOS.
- ANDI. (Sin fecha). Guía para la gestión ambiental responsable de los plaguicidas químicos de uso agrícola en Colombia. Bogotá.
- Arévalo, A., Bacca, T., & Soto, A. (2014). Diagnóstico del uso y manejo de plaguicidas en fincas productoras de Cebolla Junca *Allium fistulosum* en el municipio de Pasto. *Revista Luna Azul* (38), 132-145.
- ASF DAAC.( 2008), ALOS PALSAR\_Radiometric\_Terrain\_Corrected\_high\_res; Includes Material © JAXA/METI 2007.Accessed through ASF DAAC 02 October 2019. DOI: 10.5067 / Z97HFCNKR6VA
- Bayona, N., & Muñoz, G. (2009). Estudio de la actividad agrícola como base para la comprensión de la dinámica socioeconómica de una comunidad rural en Fómeque, Cundinamarca. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 273-281.
- Blázquez, M. (2003). Capítulo X: Los residuos plásticos agrícolas. En *Los residuos urbanos y asimilables* (págs. 305-301). Andalucía: Consejería de Medio Ambiente Junta de Andalucía.
- Bläsind, M., & Amelung, W. (2018). Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Science of The Total Environment*, 615, 422-435.
- Brodhagen, M., Goldberger, J., Hayes, D., Inglis, D., Marsh, T., & Miles, C. (2017). Policy considerations for limiting unintended residual plastic in agricultural soils. *Environmental Science & policy*, 69, 81-84. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.12.014>
- Cáceres, J. (2018). Efecto de la quema de vegetación en las propiedades físicas y químicas del suelo Huancayo, 2016. Huancayo: Universidad Continental.
- Campos, J. (2014). Formulación del plan de gestión integral de empaques de agroquímicos utilizados en la agricultura. Caso piloto: Vereda San Antonio del municipio de San bernardo, Cundinamarca. Bogotá: Universidad Libre.
- Carrascal, I. (2007). Metodología para el análisis e interpretación de los mapas. En *Temas Selectos de Geografía de México*. México D.F: Instituto de Geografía, UNAM.

- Celis, R., Jordán, A., & Martínez, L. (2013). Efectos del fuego en las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. En A. Gonçalves, & A. Vieira, *Grandes incêndios florestais, erosão, degradação e medidas de recuperação dos solos*. (págs. 145-160). Braga: Universidade do Minho. Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento (NIGP). Obtenido de <http://hdl.handle.net/1822/28593>
- Central Nacional de Cooperativas. (2015). *Manual para el buen uso y manejo de plaguicidas*. Santa Rita: Unisol.
- Chae, Y., & Joo An, Y. (2018). Current research trends on plastic pollution and ecological impacts on the soil ecosystem: A review. *Environmental Pollution*, 240, 387-395. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.008>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *ELSEVIER*, 62(12), 2588-2597. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Congreso República de Colombia. (1974). Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: Bogotá.
- Congreso República de Colombia. (1979). Ley 9 de 1979. Bogotá: Secretaria General del Senado.
- Congreso República de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993. Bogotá: Secretaria General del Senado.
- Congreso República de Colombia. (2002). Decreto 1713 de 2002. Bogotá: Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Corpoguavio. (2006). Diagnóstico productivo agroambiental. Bogotá: Corporación Autónoma Regional del Guavio.
- Corpoguavio. (2017). *Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos*. Gachalá: Corporación Autónoma Regional del Guavio .
- Corporación Campo Limpio. (Sin fecha). El manejo de envases vacíos de plaguicidas de Campo Limpio. Federación de cafeteros.
- Cubides, A., & Montaña, C. (2017). Evaluación del impacto ambiental generado por los residuos peligrosos en el sector agrícola en la vereda de Chámeza, Municipio de Nobsa, Boyacá. Sogamoso: Universidad Abierta y a Distancia UNAD.
- DAAC, A. (25 de Diciembre de 2008). ALOS PALSAR\_Radiometric\_Terrain\_Corrected\_high\_res. (I. M. 2007, Ed.) Recuperado el 2019 de Octubre de 02
- De Luis, M., González, J., & Raventós, J. (2003). Efectos erosivos de una lluvia torrencial en suelos afectados por quemas experimentales de diferente severidad. *Rev. C & G.*, 17(3-4), 57-67.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2014). El cultivo del tomate de mesa bajo invernadero, tecnología que ofrece mayor producción, calidad e inocuidad del producto. Bogotá:

Difusión, Mercadeo y Cultura Estadística del Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2014). Producción limpia de hortalizas, una mejor salud y bienestar. Bogotá: Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2016). Cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) y el fenómeno de El Niño. Bogotá: Difusión, Mercadeo y Cultura Estadística del Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2016). Información de veredas con variables asociadas de número de UPA-UPNPA, Viviendas, hogares y personas. Bogotá: Tercer Censo Nacional Agropecuario

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2018). *Tesouro*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2018, de <https://agclass.nal.usda.gov/agt.shtml>

De Souza, A., Wai, C., Till, J., Kloas, W., Lehmann, A., Becker, R., & Rillig, M. (2018). Impacts of Microplastics on the Soil Biophysical Environment. *Environ. Sci. Technol*, 52, 9656- 9665. doi: 10.1021/acs.est.8b02212

Díaz, E., & Zamora, L. (2011). Estrategia de gestión ambiental para el manejo del recurso hídrico en el ámbito local caso municipio de Guasca - Cundinamarca. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Díaz, F. (2012). Conformado de materiales plásticos. Cuautitlán Izcalli: Universidad Nacional Autónoma de México.

Domínguez, H. (2016). Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo producidas por la quema controlada de vegetación en el municipio de Cumaribo, Departamento del Vichada. Manizales: Universidad de Caldas.

Espín, A. (2018). Análisis del control de los envases vacíos de plaguicidas de uso agrícola y su incidencia en la contaminación ambiental en el sector El Cascajo, Cantón Santa Cruz, 2017. Puerto Ayora: Universidad Central del Ecuador.

Frias, J., & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 145-147. doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>

Gallardo, Y., & Moreno, A. (1999). Módulo 3: Recolección de la información. En *Aprender a investigar*. Bogotá: Instituto colombiano para el fomento de la educación superior (ICFES).

Garzón, E., Jiménez, L., & Botón, J. (2000). Capítulo 9: Zonificación de tierras. En IGAC, Estudio general de suelos y zonificación de tierras de Cundinamarca (págs. 578-614). Bogotá: Subdirección de Agrología.

- Gavilanes, G. (2014). La acumulación de envases de plaguicidas y su incidencia en la contaminación ambiental en el Cantón Quero. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Gómez, S. (2012). Metodología de la investigación. México: Red Tercer Milenio S.C.
- He, D., Luo, Y., Lu, S., a, L., Song, Y., & Lei, L. (2018). Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. ELSEVIER, 109, 163-172. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.006>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación (6° edición). México: Mc Graw Hill Education.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2003). *Norma Técnica Colombiana: Desinfectantes, ambientadores y productos de uso similar, insecticidas para uso domestico*. Bogotá.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2004). NTC 3656: Gestión Ambiental. Suelo. Toma de muestras de suelo para determinar contaminación. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones (ICONTEC).
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (Sin fecha). Guia de muestreo. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (Sin fecha). Mapas de Suelos del Territorio Colombiano a escala 1:100.000. Departamento: Cundinamarca. Bogotá: Subdirección de Agrología.
- Ize, I. (2014). La quema de residuos agrícolas: fuente de dioxinas. Montreal: Comisión para la Cooperación Ambiental.
- Ling, E., Huerta, E., Eldridge, S., Johnston, P., Hu, H., Geissen, V., & Chen, D. (2018). An overview of microplastic and nanoplastic pollution in agroecosystems. ELSEVIER, 627, 1377-1388. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.341>
- López, N. (2009). Propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en la plaza de mercado de Cerete- Córdoba. Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014). Área sembrada y área cosechada del cultivo de tomate 2007-2014. Bogotá. Recuperado el 11 de Julio del 2019 en <http://hdl.handle.net/11438/8539>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). Producción y rendimiento del cultivo de habichuela 2007-2015. Bogotá. Recuperado el 11 de Julio del 2019 en <http://hdl.handle.net/11438/8606>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2001). Resolución Número 0970 de 2001. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). Decreto Número 1443 de 2004. Bogotá: República de Colombia.

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2005). Decreto Número 4741 de 2005. Recuperado el 29 de septiembre de 2019, de <http://www.ideam.gov.co/>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución Número 693. Bogotá. Recuperado el 12 de Julio del 2019 en <http://www.minambiente.gov.co>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2013). Resolución 1675 de 2013. Recuperado el 25 de Septiembre de 2019, de <http://quimicos.minambiente.gov.co/>
- Montoya, M., Restrepo, F., Moreno, N., & Mejia, P. (2013). Impacto del manejo de agroquímicos, parte alta de la microcuenca Chorro Hondo, Marinilla, 2011. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 32(2), 26-35.
- Moreno, J., & Fandiño, G. (2017). Manejo integrado de la mosca blanca en cultivos de tomate en el municipio de Sibaté. *Boletín Semillas Ambientales*, 11(1), 6-17.
- Pacheco, R., & Itatí, E. (2017). Manual de uso seguro y responsable de agroquímicos en cultivos frutihortícolas. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Páez, P., & Burgos, D. (2015). Evaluación por su adaptación de nueve materiales de tomate larga vida (*Lycopersicon esculentum* L.) en el municipio de Sáchica, Boyacá. Tunja: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Rillig, M.C, De Souza, A., Lehmann, A., & Klümper, U. (2019). Evolutionary implications of microplastics for soil biota. *Environmental chemistry (Collingwood, Vic)*, 16(1), 3-7. doi:doi: 10.1071/EN18118
- Rozano, V., Quiróz, C., Acosta, J., Pimentel, L., & Quiñones, E. (2004). Hortalizas, las llaves de la energía. *Revista Digital Universitaria*, 5(7), 1-30.
- Ruberto, A. (2006). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste.
- Salvo, R. (2015). Una mirada al pH del suelo y su importancia en los sistemas productivos. Santiago de Chile: El mercurio.
- Salamanca, A., & Sadeghian, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera Colombiana. *Cenicafé*, 56(4), 381-397.
- Sandoval, J., & Suárez, C. (2017). Evaluación del impacto de la quema física controlada como práctica agrícola sobre algunas de las características físicas, químicas y biológicas de dos series de suelos cafeteros ubicados en los municipios de El Líbano y Casabianca, Tolima. Manizales: Universidad de Manizales.
- SDIS. (2013). Guía metodológica para la evaluación de aspectos e impactos ambientales. Bogotá: Subdirección Administrativa y Financiera- Área de Gestión Ambiental.

- Shaxson, F., & Barber, R. (2005). Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal El significado de la porosidad del suelo. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y La alimentación. Recuperado el 11 de Octubre de 2019, de <http://www.fao.org/3/y4690s/y4690s02.htm>
- SIAC. (sin fecha). Residuos peligrosos. Recuperado el 28 de Septiembre de 2019, de <http://www.siac.gov.co/residuospeligrosos>
- Soil Survey Staff. (2014). Keys to soil Taxonomy (12th ed.). Washington, DC: USDA-Natural Resources Conservation Service.
- Soto, Y. (2009). Determinación de parámetros químicos y poblaciones bacterianas del suelo relacionadas con el ciclo del carbono y nitrógeno, antes y después de la quema de residuos de cosecha de trigo. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Toro, J., Martínez, L., & Martelo, C. (s.f.). Metodología para la evaluación de impactos ambientales de la Universidad Nacional de Colombia- Sede Bogotá.
- Universidad El Bosque. (2016). Plan de Desarrollo Institucional 2016- 2021. Bogotá: Universidad El Bosque.
- Universidad El Bosque. (2018). Pregrado en Ingeniería Ambiental. Obtenido de <http://www.uelbosque.edu.co/ingenieria/carrera/ingenieria-ambiental>
- Universidad El Bosque. (2019). Observatorio SIG en salud y ambiente (OSSA). Bogotá: Universidad El Bosque.
- USDA. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Servicio de Conservación de Recursos Naturales (USDA).
- Vargas, O., Prieto, G., González, L., & Matamoros, A. (2004). Geoquímica de metales pesados en los suelos de la cuenca del río Bogotá. Bogotá: Instituto Colombiano de Geología Y minería.
- Villasanti, C. (2013). El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en las agricultura urbana y periurbana. Asunción: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Wang, J., Liu, X., Li, Y., Powell, T., Wang, X., Wang, G., & Zhang, P. (2019). Microplastics as contaminants in the soil environment: A mini-review. *ELSEVIER*, 691, 848-857. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.209>
- Zenner, I., & Peña, F. (2013). Plásticos en la agricultura: Beneficio y costo ambiental: Una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 139-150.

## 11. Anexos

### 11.1. Anexo 1

Lo invito a contestar esta corta encuesta, que me servirá para realizar mi proyecto de grado, y luego poder apoyarlo a usted con la información de los resultados de mi trabajo.

Nombre del entrevistado: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: F\_\_ M\_\_

Nombre de la finca: \_\_\_\_\_

Nivel de formación académica:

Primaria

Bachillerato

Técnico/ tecnólogo

Universitario

Tipo de vivienda:

a. Propia

b. Arrendada

c. Familiar

d. Alquiler cuarto

Por favor responda las siguientes preguntas

1. ¿Qué tipo de cultivo hay en su finca? Especifique el área que tiene destinada para la siembra según el caso.

Tomate \_\_\_\_\_

Habichuela \_\_\_\_\_

Pimentón \_\_\_\_\_

Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué tipo de producto emplea en su cultivo?

Por favor especifique cuales para cada caso.

a.Fertilizantes: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b. Plaguicidas: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

c.Compostaje: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

d.Otros: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. De los siguientes productos, qué cantidades son aplicados en sus cultivos (litros o gramos) y con qué frecuencia (días, semanas o meses).

a.Fertilizantes: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b. Plaguicidas: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

c.Compostaje: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

d.Otros: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. ¿De qué material está elaborado los envases y empaques de los agroquímicos que utiliza?

a. Plástico

b. Vidrio

c. Metal

Evaluación de la disposición final de envases de agroquímicos y sus posibles consecuencias en los suelos de la vereda Lavadero del municipio de Fómeque, Cundinamarca.

Daniela Guzmán Bejarano

d. Otro: \_\_\_\_\_

5. ¿Qué marca de agroquímicos emplea usted en sus cultivos? Especifique el lugar dónde los compra

Syngenta S.A \_\_\_\_\_

Bayer S.A \_\_\_\_\_

Diabonos S.A \_\_\_\_\_

Otro: \_\_\_\_\_

6. ¿Qué hace usted cuando termina de usar los envases y empaques de agroquímicos?

a. Van a las fuentes de aguas

b. Se realizan quemas a cielo abierto

c. Los entierran en el suelo

d. Otra, ¿Cuál?: \_\_\_\_\_

7. ¿Cuánto dinero invierte usted al mes en la compra de productos para sus cultivos? Especifique dónde provienen los recursos para la compra.

a. Fertilizantes: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b. Plaguicidas: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

c. Compostaje: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

d. Otros: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8. ¿Qué otro uso les da a los envases de agroquímicos vacíos?

a. Los reutiliza

b. Los lava y guarda

c. Guarda alimentos

d. Otro, ¿Cuál? \_\_\_\_\_

9. ¿Ha recibido charlas sobre qué hacer cuando el envase de agroquímico queda vacío?

a. Si

b. No

Si la respuesta es Sí, ¿Quién le ha dado esas charlas? y ¿Qué les han hablado?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

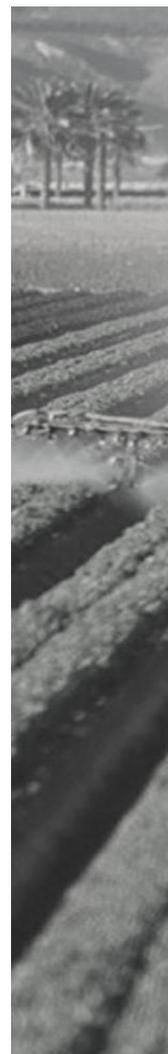
¡¡Muchas gracias!!

11.2. Anexo 2



# MANEJO DE ENVASES DE AGROQUÍMICOS

**2019**  
DANIELA  
GUZMÁN



## GUÍA AMBIENTAL PARA EL MANEJO DE ENVASES DE AGROQUÍMICOS

### ETAPAS DEL MANEJO INTEGRAL PARA RESIDUOS DE ENVASES PLÁSTICOS DE AGROQUÍMICOS



### TRIPLE LAVADO

(ANDI, 2003).

Acción de obligatorio cumplimiento desarrollada por el consumidor del agroquímico.

- 1** Ecurrir el envase.
- 2** Adicionar solvente o agua hasta 1/4 de su volumen.
- 3** Tapar el envase y agitar en todos los sentidos por un período de 30 segundos.
- 4** Colocar el enjuague dentro de la caneca de la mezcla. Repita los pasos 2, 3 y 4 dos veces más.

(Agrorawson, 2019)



### INDISPENSABLE

- Elementos de protección personal.
- Realizar el triple lavado con el solvente recomendado por el fabricante y/o importador.
- No realizar triple lavado a los envases de agroquímicos en estado sólido.



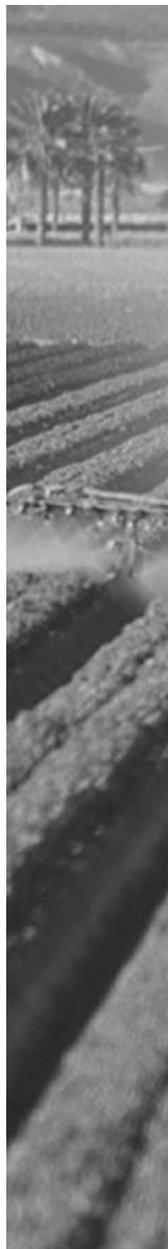
### INUTILIZACIÓN DE ENVASES, EMPAQUES Y EMBALAJES

Actividad desarrollada por el usuario del envases de agroquímico al finalizar el triple lavado.



- Envases plásticos, deben ser perforados o compactados, de tal manera, que se evite su posterior uso.
- Debe evitar destruir la etiqueta y realizar perforaciones en envases presurizados o de vidrio.
- Los embalajes se inutilizan desarmando la caja o destapando la bolsa.

(ANDI,2003).



### SEPARACIÓN

Clasificación de los envases, empaques y embalajes de acuerdo al material de fabricación. Incluye, la separación de las tapas de los envases.

Figura 1. Envases de agroquímicos para ser separados



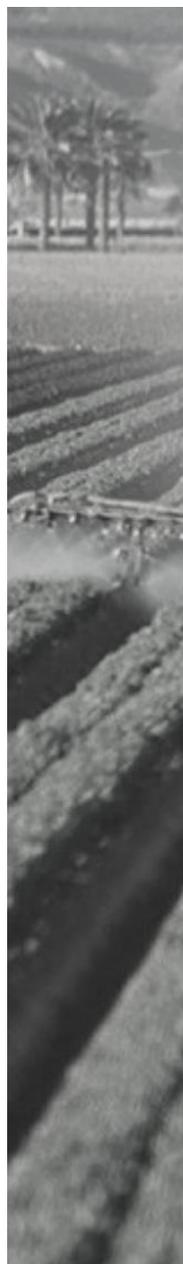
Fuente: Rodríguez (2017).

### EMBALADO DE ENVASES, EMPAQUES Y EMBALAJES

Actividad del empaque realizada de acuerdo a material y tamaño.

TIPO MATERIAL	DISPOSICIÓN
Envase <= 1 litro	Empacar en sacos, tulas, estopas, bolsas, costales o cajas con las tapas separadas.
Envase de galón y 4 litros	Agrupar en cantidades menores o iguales a 25 unidades. Tapa separada y bolsa aparte.
Empaque o bolsa de plaguicida con triple lavado	Colocar una sobre otra y empacar en estopas, tulas, costales, bolsas o cajas.
Embalajes	Agrupar en cantidades menores o iguales a 20 unidades o 30 kg de peso.

(ANDI,2003).



### ACOPIO DE RESIDUOS PLÁSTICOS

Almacenamiento transitorio previa a la entrega para el fabricante o importador en la zona.

Los centros de acopio debe implementar las siguientes acciones:

- Evitar instalaciones eléctricas.
- Área cerrada, sistemas de ventilación y sin drenajes.
- Pisos y diques de contención.
- Acopiar los residuos dobles para evitar fugas.
- Señalización de seguridad.
- Recibir exclusivamente envases inutilizados.

Figura 2. Centro de acopio transitorio de envases vacíos de agroquímicos .

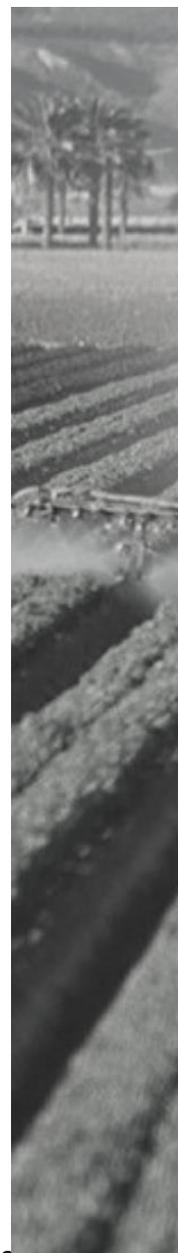


Fuente: Tres líneas (2013)

### DEVOLUCIÓN

Entrega del envase, empaque y embalaje con los procedimientos explicados anteriormente al Plan de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo del fabricante o importador de la zona, con el fin, de ejecutar procesos que permitan su aprovechamiento y/o valorización, tratamiento o disposición final controlada.

(ANDI,2003).



### ESTADO ACTUAL DE LA VEREDA LAVADERO, FÓMEQUE- CUNDINAMARCA.

Los residuos de envases de agroquímicos, empleados en la vereda Lavadero, no cuentan con una adecuada disposición final, por lo que, son quemados o abandonados en el suelo, contribuyendo a la degradación del paisaje y contaminación del mismo.

Figura 3. Disposición final de envases de agroquímicos generados en la vereda Lavadero.

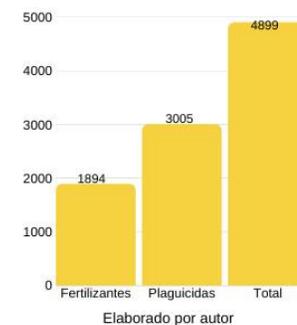


Archivo personal del autor

### RESULTADOS ENCUESTA PILOTO

La Figura 4 y 5 representa los resultados más relevantes de la encuesta realizada los días 4, 9 y 31 de agosto de 2019, a 33 agricultores de la vereda Lavadero.

Figura 4. Generación de envases de agroquímicos en la vereda Lavadero.



Frente a los resultados encontrados, se generan **4899 envases** de residuos de agroquímicos (Figura 4).

Respecto a las prácticas para la disposición final de los mismos, emplean la quema a cielo abierto, el abandono en el suelo, espera que los recoja el camión autorizado o no usa (Figura 5).

Elaborado por autor

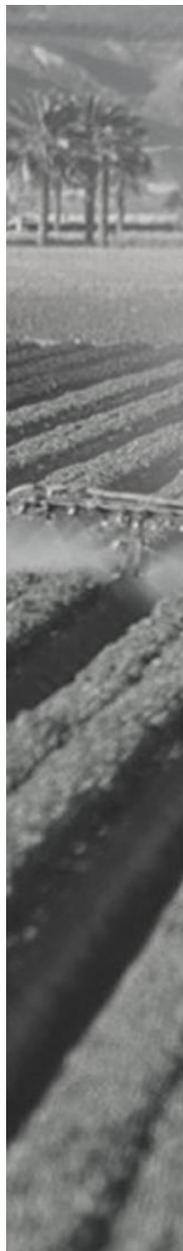
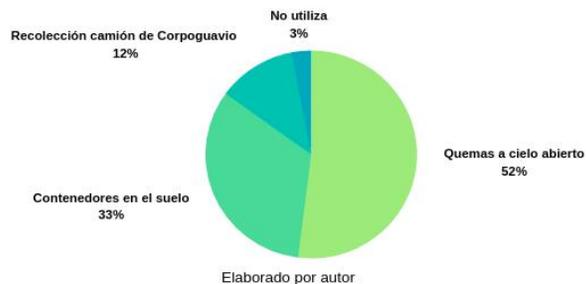


Figura 5. Disposición final de envases agroquímicos para la vereda Lavadero.



Adicionalmente, los resultados de las encuestas mostraron que solo el **27%** de los encuestados han recibido capacitaciones sobre el triple lavado de envases, separación de las tapas y residuos plásticos. Las capacitaciones fueron realizadas por la Alcaldía Municipal de Fómeque, Corpoguvio y Campo Limpio hace 4 años. El **73%** de los encuestados desconoce la información.

### CONSECUENCIAS EN EL SUELO

Dentro de las afectaciones de la quema a cielo abierto de residuos plásticos, se resaltan:

1. Eliminación de la capa vegetal.
2. Incremento de la erosión del suelo
3. Incremento de la escorrentía.

Además, de la disminución en la capacidad de retención de humedad, reducción del tamaño de los agregados, aumento en la densidad aparente y baja permeabilidad y tasa de infiltración de agua (Cáceres, 2018) [Figura 6].



Figura 6. Alteraciones del suelo luego de presentar quema de envases plásticos de agroquímicos



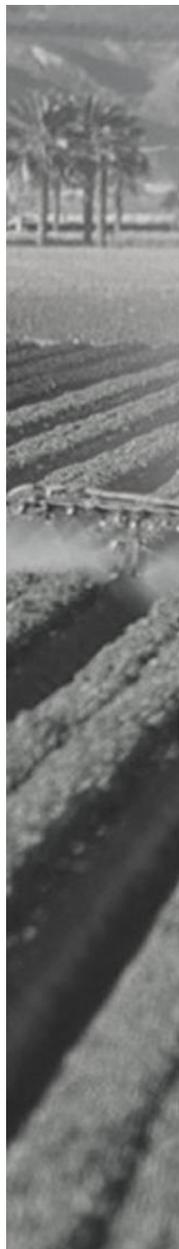
Fuente: [1] Regeneración de cubierta vegetal de PPNNG, (2016). [2] Grietas en la tierra seca por Sergieiev (2010). 3] Escorrentía por Fibras y Normas de Colombia S.A.S, (2015).

Por su parte, abandonar el plástico en el suelo, pueden eliminar algunas partículas como los microplástico, cuando ingresan al suelo, pueden persistir, acumularse y afectar a los organismos y biodiversidad perteneciente al mismo, además, pueden actuar como un vector de transferencia de contaminantes, debido a los aditivos plástico u otros elementos tóxicos que lo compone, puesto que son absorbidos por las matrices del suelo a la biota del mismo (He, y otros, 2018) [Figura 7].

Figura 7. Organismos del suelo que se ven afectados por los microplásticos en el suelo producto del abandono de envases de agroquímicos.



Fuente: Montero (2019).



### ALTERNATIVAS

- 1 Implementar el triple lavado para los envases de agroquímicos en la vereda Lavadero.
- 2 Analizar la posibilidad de instalar un centro de acopio para residuos de envases de agroquímicos, conforme a la normativa Colombiana.
- 3 Diseño de capacitaciones y charlas acerca de la disposición final de envases de agroquímicos en la vereda Lavadero.
- 4 Seguimiento y control por parte de las entidades correspondientes para la recolección y manejo de residuos plásticos que contuvieron agroquímicos

### RECOMENDACIONES

- ✓ Tener un mayor control y seguimiento de las normas que corresponden a la disposición final de envases, con el fin de mejorar las prácticas y se cumpla con la recolección de residuos plásticos en todo el municipio de Fómeque
- ✓ Desarrollar actividades de sensibilización por parte de las empresas distribuidoras de agroquímicos o demás organizaciones en la que el municipio de Fómeque se encuentra en su jurisdicción, para así lograr una disminución en esas prácticas de manejo final que perjudican el recurso suelo.



### REFERENCIAS

- Agrorawson. (2019). Uso seguro y responsable: Triple lavado.[Figura]. Recuperado de <http://www.agrorawson.com/uso-seguro-y-responsable-triple-lavado/>
- ANDI. (2003). Guía para la gestión ambiental responsable de los plaguicidas químicos de uso agrícola en Colombia. Bogotá
- Cáceres, J. (2018). Efecto de la quema de vegetación en las propiedades físicas y químicas del suelo Huancayo, 2016. Huancayo: Universidad Continental.
- De Luis, M., González, J., & Raventós, J. (2003). Efectos erosivos de una lluvia torrencial en suelos afectados por quemas experimentales de diferente severidad. *Rev. C & C.*, 17(3-4), 57-67.
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2015). Escorrentía: Definición, tipos y factores que la generan. [Figura]. Recuperado de <https://www.fyndecolombia.com/escorrentia-definicion-tipos-y-factores-que-la-generan/>
- He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. (2018). Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 109, 163-172. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.006>
- Montero, M. (2019). Los microplásticos en el suelo están atrofiando el crecimiento de las lombrices de tierra. actores clave en suelos y ecosistemas saludables. Recuperado de <https://bit.ly/2VM4Fir>.
- Parque Nacional Sierra Guadarrama. (2016). Regeneración cubierta vegetal. [Figura]. Recuperado de <http://www.parquenacionalsierraguadarrama.es/images/conservacion/actuaciones/valcotos/plantacion.jpg>
- Rodríguez, C. (2017). Sagarpa y Semarnat deberán recolectar envases vacíos de plaguicidas para evitar contaminación [Figura]. Recuperado de <https://bit.ly/32jOJPZ>.
- Sergieiev. (2010). Grietas en la tierra seca, la tierra quiere agua( Erosión del suelo). [Figura]. Recuperado <https://sp.depositphotos.com/2861349/stock-photo-soil-erosion.html>
- Tres Líneas. (2013). Diez nuevos Centro de Acopio Transitorio de envases vacíos de agroquímicos en la provincia. [Figura]. Recuperado de <https://bit.ly/2MK6wJD>

## 12. Glosario de términos

- **Contaminación:** La presencia en el entorno de uno o más contaminantes, molestias, y similares, en cantidades suficientes y de tales características y duración como para ser nocivas o irritante para humano, planta, o la vida animal, a la salud, o a la propiedad, o para irrazonablemente interferir con el disfrute de la vida o la propiedad (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2018).
- **Cultivo:** Arte de cultivar la tierra. Se refiere a los diferentes trabajos de tratamiento del suelo y cultivo de vegetales, normalmente con fines alimenticios (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2018).
- **Fertilizantes:** Cualquier material orgánico o inorgánico de origen natural o sintético que se agrega al suelo para proporcionarle nutrientes, incluyendo nitrógeno, fósforo y potasio, necesario para mantener el crecimiento de las plantas (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2018).
- **Fungicida:** Plaguicida que controla enfermedades causadas por hongos (Central Nacional de Cooperativas, 2015).
- **Hortalizas:** son un conjunto de plantas cultivadas donde incluyen verduras y legumbres verdes (Rozano, Quiróz, Acosta, Pimentel, & Quiñones, 2004)
- **Insecticida:** Todo agente de naturaleza química que solo o en combinación con agentes coadyuvantes se utilice para la prevención o el control de insectos localizados en el ambiente (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2003)
- **Irrigación:** Aplicación de agua al suelo con el propósito de producir plantas (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2018).
- **Plagas de plantas:** Organismos que pueden causar directa o indirectamente enfermedades, deterioro o daño a plantas, partes de plantas o materiales de plantas procesadas. Los ejemplos comunes incluyen ciertos insectos, ácaros, nematodos, hongos, mohos, virus y bacterias (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2018).
- **Plaguicida:** Son compuestos sintéticos, con alto poder biocida. Su presencia en el ambiente y alimentos ha constituido desde hace mucho tiempo, un motivo de especial preocupación para la sociedad (Central Nacional de Cooperativas, 2015).

- **Suelo:** Es un cuerpo natural que comprende a sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie de las tierras, que ocupa un espacio y que se caracteriza por uno o ambos de los siguientes: horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas en un ambiente natural (Soil Survey Staff, 2014).