



**EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL ASOCIADO AL DIFENOCONAZOL EN
LOS CULTIVOS DE FRESA DE UNA FINCA PILOTO EN LA VEREDA LA
ESTANCIA EN MADRID CUNDINAMARCA**

CRISTIAN CAMILO ROJAS LÓPEZ
KAREN ADRIANA RONCANCIO QUINTANA

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia

2018



**EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL ASOCIADO AL DIFENOCONAZOL EN LOS
CULTIVOS DE FRESA DE UNA FINCA PILOTO EN LA VEREDA LA ESTANCIA EN
MADRID CUNDINAMARCA**

CRISTIAN CAMILO ROJAS LÓPEZ

KAREN ADRIANA RONCANCIO QUINTANA

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

CAMILO ANDRÉS VARGAS TERRANOVA

Ingeniero Ambiental y Sanitario

MSc. Hidrogeología

(Director)

JOHAN ALEXANDER ALVAREZ BERRIO

Ingeniero Ambiental y Sanitario

MSc. Toxicología

(Codirector)

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia

2018

AGRADECIMIENTOS

A los profesores Camilo Andrés Vargas Terranova y Johan Alexander Álvarez Berrio director y codirector de este trabajo de investigación por ser nuestros asesores, por su entrega y apoyo en todo este proceso.

A la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás y a la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad de La Salle por brindar los espacios y equipos necesarios para el desarrollo de esta investigación.

A la docente Yenny Beatriz Mendoza Plazas y demás docentes de la facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás que brindaron su asesoría, por su tiempo y recomendaciones.

A los trabajadores de la Finca Las Mercedes por su paciencia y a la Familia que reside allí por permitirnos desarrollar el estudio en su finca, en especial a Alex Martin quien nos acompañó en el proceso.

A nuestros familiares porque con su desinteresado apoyo hicieron posible este trabajo.

Resumen

El presente estudio se desarrolló en el municipio de Madrid Cundinamarca en la Vereda La Estancia en una finca cultivadora de fresa, donde por antecedentes de riesgo por plaguicidas en la zona, se decidió aplicar la metodología de evaluación de riesgo toxicológica para la salud con la población agrícola de la finca y la familia que reside allí, el plaguicida evaluado tiene como ingrediente activo el difenoconazol. Se implementó la metodología TCLP para determinar las características de toxicidad por lixiviación, adicionalmente se realizaron pruebas de suelo para determinar las características físico-químicas del mismo y su relación con el movimiento del plaguicida a través de columnas de lixiviación.

Los resultados obtenidos determinaron un riesgo de 90,9 y 27,8 para los trabajadores y la familia respectivamente, por lo que se estableció que el difenoconazol representa un riesgo alto por toxicidad para los seres humano a pesar de que está clasificado como tipo III; es decir, poco peligroso. Se consideró que el escenario de exposición en el que se aplica el plaguicida presenta un sellamiento superficial, una compactación del suelo bastante alta, un caudal bajo de infiltración (0,0165 ml/s) y poco drenaje, lo que incide en el poco movimiento de las sustancias; bajo este escenario, la investigación considera poco probable que se desarrolle un proceso de contaminación en aguas subterráneas y la posibilidad de que la sustancias se encuentre solo en la capa superficial del suelo.

Palabras clave: Difenoconazol, lixiviado, plaguicida, riesgo, salud, suelo

Abstract

The present study was developed in the municipality of Madrid Cundinamarca in the area of La Estancia in a strawberry cultivation farm, where due to the risk history of pesticides in the area, it was decided to apply the toxicological risk assessment methodology for health with the agricultural population of the farm and the family residing there, the pesticide evaluated has difenoconazole as an active ingredient. The TCLP methodology was implemented to determine the toxicity characteristics by leaching, additionally soil tests were performed to determine the physical-chemical characteristics of this and its relation with the movement of the pesticide through leaching columns. It was established that difenoconazole represents a high risk for toxicity for humans despite being classified as type III: not very dangerous, likewise it was established that due to the characteristics of compaction and poor drainage of soil, movement in the soil is very minimal and is not It may contaminate groundwater.

The results obtained determined a risk of 90.9 and 27.8 for the workers and the family residing there, respectively. Therefore, it was established that difenoconazole represents a high risk due to toxicity for humans, although it is classified as type III; which means that's not very dangerous. It was considered that the exposure scenario in which the pesticide is applied presents a superficial sealing, a very high soil compaction, an infiltration flow of 0.0165 ml/s and low drainage, which means the limited movement of the substances; under this scenario, the investigation considers it unlikely that a process of contamination in groundwater will develop and the possibility that the substances will be found only in the superficial layer of the soil

Keywords: Difenoconazole, leached, pesticide, risk, health, soil

Contenido

Resumen	4
Introducción.....	14
Objetivos	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	15
1. Marco teórico	16
1.1. Localización.....	16
1.2. Población.....	17
1.3. Situación en Salud.....	18
1.4. Aspecto socioeconómico	19
1.5. Actividad agrícola de la zona de estudio.....	19
1.5.1. Cultivos de fresa.....	19
1.5.2. Origen.....	20
1.5.3. Morfología y Taxonomía	20
1.5.4. Ciclo fenológico del cultivo.....	20
1.5.5. Riego.....	21
1.6. Uso de plaguicidas en la actividad agrícola	22
1.6.1. Difenconazol.....	22
1.7. Evaluación del riesgo.....	24
1.7.1. Análisis de riesgo	24
1.7.2. Estimación a la exposición.....	24
1.7.3. Cuantificación de la exposición.....	24
1.7.4. Caracterización de los riesgos.....	25
1.8. OCDE 312: Lixiviación en columnas de suelo.....	25
1.9. Método y procedimiento para determinar la característica de toxicidad por lixiviación (TLCP)	25
2. Equipos	26
2.1. Equipos para la caracterización tipo del suelo	26
2.1.1. Perfil de horizontes	26
2.1.2. Infiltrómetro	26

2.2. Equipos para el ensayo de TCLP	27
3. Marco normativo.....	29
3.1. Normas internacionales	29
3.2. Normas nacionales	30
4. Metodología	32
4.1. Análisis de riesgo.....	32
4.1.1. Identificación de peligros	32
4.1.2. Determinación de la significancia del riesgo	35
4.2. Estimación a la exposición.....	35
4.2.1. Escenario de exposición.....	35
4.2.2. Caracterización del escenario de exposición	35
4.3. Cuantificación de la exposición.....	42
4.4. Caracterización de los riesgos.....	43
5. Resultados	44
5.1. Análisis de riesgo.....	44
5.1.1. Identificación del peligro	44
5.1.2. Determinación de la significancia del riesgo	45
5.2. Estimación a la exposición.....	46
5.2.1. Escenario de exposición.....	46
5.2.2. Caracterización del escenario de exposición	52
5.3. Cuantificación de la exposición.....	59
5.4. Estimación del riesgo.....	59
Análisis de resultados.....	61
Impacto social.....	64
6. Conclusiones y recomendaciones	65
6.1. Conclusiones	65
6.2. Recomendaciones	66
A. Anexo: Cálculo para la aplicación del plaguicida y del ingrediente activo.	67
B. Anexo: Protocolo para la implementación de la metodología TCLP para constituyentes no volátiles	70
C. Anexo: instrumento de recolección y tablas de frecuencia	76
D. Anexo: consideraciones generales para interpretar el análisis químico del suelo	88

7. Bibliografia.....	90
-----------------------------	-----------

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1. Plano político del municipio de Madrid.....	16
Figura 1-2. Localización del cultivo de fresa.....	17
Figura 1-3. Proyección del municipio de Madrid 2018 [9]	18
Figura 1-4. Proceso fenológico de la planta [14].....	221
Figura 1-5. Clasificación toxicológica de los plaguicidas según OMS.....	22
Figura 2-1. Equipos para el perfil del suelo [26].....	26
Figura 2-2. Infiltrómetro (Ref. 509-332-2756).....	27
Figura 2-3. Sistema TCLP.....	27
Figura 4.0. Metodología.....	32
Figura 4-1. Solución sulfocrómica.....	33
Figura 4-2. Fase preliminar.....	33
Figura 4-3. Proceso solución Lixiviante.....	34
Figura 4-4. Unidad de agitación.....	34
Figura 4-5. Localización estación meteorológica.....	35
Figura 4-6. Perfil de suelo.....	36
Figura 4-7. Prueba de Andisoles.....	37
Figura 4-8. Prueba de pH.....	37
Figura 4-9. Patrón de submuestras Zig-Zag.....	38
Figura 4-10. Diseño de columna.....	38
Figura 4-11. Trabajo de campo.....	39
Figura 4-12. Montaje experimental.....	39
Figura 4-13. Prueba de infiltración por infiltrómetro.....	40
Figura 4-14. Recolección de muestras con cilindro.....	40
Figura 4-15. Densidad aparente y real.....	41
Figura 4-16. Prueba de compactación del suelo.....	42
Figura 5-1. Usos del suelo del municipio de Madrid.....	50
Figura 5-2. Modelación del difenoconazol en el medio.....	55
Figura 5-3. Diagrama triangular textural.....	58
Figura 5-4. Ruta de exposición directa.....	60

Lista de Gráficas

	Pág.
Gráfica 1-1. Mortalidad del municipio de Madrid (2005-2006).....	19
Gráfica 5-1. Temperatura.....	47
Gráfica 5-2. Precipitación.....	47
Gráfica 5-3. Humedad relativa.....	48
Gráfica 5-4. Evaporación.....	48
Gráfica 5-5. Elementos de protección personal.....	53
Gráfica 5-6. Frecuencia de preparación de plaguicida.....	54

Lista de ecuaciones

	Pág.
Ecuación 4-1. Densidad aparente.....	41
Ecuación 4-2. Densidad real.....	41
Ecuación 4-3. Porosidad.....	42
Ecuación 4-4. Humedad.....	42

Lista de tablas

	<u>Pág.</u>
Tabla 2-1.Especificaciones del montaje TCLP [28].....	28
Tabla 3-1.Normatividad internacional para el control de plaguicida.....	29
Tabla 3-2.Normatividad nacional para el control de plaguicidas.....	30
Tabla 4-1.Ecuaciones de densidad aparente, real, porosidad y humedad	41
Tabla 5-1.Diagnóstico de agroquímicos.....,	44
Tabla 5-2.Determinación de pH para solución lixivante.....	45
Tabla 5-3.Determinación de pH para solución lixivante con HCL.....	45
Tabla 5-4.Resultados DQO.....	45
Tabla 5-5. Asociación de la normatividad vigente y los resultados de DQO.....	46
Tabla 5-6. Perfil de suelo	56
Tabla 5-7. Descripción del perfil de suelo.....	56
Tabla 5-8.Granulometría del suelo.....	57
Tabla 5-9. Resultados de las características químicas del suelo	57
Tabla 5-10.Resultados infiltrómetro	58
Tabla 5-11.Resultados pruebas físicas	58
Tabla 5-12.Resultados para la cuantificación de la dosis suministrada.....	59
Tabla 5-13.Resultados obtenido para nivel de riesgo.....	60

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término
<i>Cm</i>	Centímetros
<i>Cmol/kg</i>	Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva
<i>H</i>	Horas
<i>G</i>	Gramos
<i>Kg</i>	Kilogramos
<i>L</i>	Litros
<i>Mg</i>	Miligramos
<i>ml</i>	Mililitros
<i>Mm</i>	Milímetros
<i>M</i>	Metros
RPM	Revoluciones por minuto
<i>S</i>	Segundos
°C	Grados Celsius
%	Porcentaje

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término
ρ	Densidad

Abreviaturas

Abreviatura	Término
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EPA	Agencia de Protección Ambiental

<i>m. s. n. m</i>	Metros sobre el nivel del mar
<i>OCDE</i>	Organization for Economic Co-operation and Development
PET	Tereftalato de Polietileno
PVC	Policloruro de vinilo
TCLP	Toxicity Characteristic Leaching Procedure

Introducción

El uso de sustancias agroquímicas ha jugado un papel muy relevante en la agricultura para el control o eliminación de plagas, sin embargo, su aplicación intensiva se ha convertido hoy en día en un problema de salud pública [1], ya que no solo erradican plagas que se encuentran en sus cultivos, sino que al no ser selectivas pueden dañar otros seres vivos, incluyendo al ser humano y contaminar el aire, suelo, agua y/o directamente los alimentos.

Cundinamarca es el principal departamento en la producción de fresa en Colombia, aportando el 71% de la producción total del país, se cultiva aproximadamente 990 ha, las cuales representan una participación del 68% del área total sembrada [2]. Específicamente en Madrid Cundinamarca el cultivo de flores es el que mayor impacto socioeconómico presenta el municipio con un 58% del producto agrícola, el resto del sector agrícola se distribuye en legumbres raíces y tubérculos y menor proporción los frutales y las hierbas aromáticas [3].

Este municipio se caracteriza por poseer grandes extensiones de tierra que son atendidas y desarrolladas por agricultores quienes emplean diversos agroquímicos para erradicar las plagas de sus siembras. Algunos de estos productos presentan como principio activo el difenoconazol utilizado para el control preventivo y curativo de moteado, oídio, monilla, royas y otros hongos; posee una toxicidad aguda baja por vía oral, dérmica e inhalatoria de exposición, son ligeramente tóxicos (clase III) [4], pudiendo ser mortales en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias, es de irritación ocular grave y su exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel [5], a pesar de presentar esta baja categoría de toxicidad tanto por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), es necesario efectuar estudios que permitan conocer y sustentar el potencial tóxico que puede

presentar para el medio y la población, por lo que es de gran importancia realizar la cuantificación de la sustancia problema.

En este estudio se evaluó el riesgo ambiental asociado a la toxicidad del difenoconazol en cultivos de fresa, a través de herramientas tales como la evaluación de riesgo toxicológico, tomando tres tipos de muestras: una para una caracterización tipo del suelo las cuales fueron enviadas al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), otra para la implementación de la metodología TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) creada por la EPA con el fin de obtener el lixiviado del suelo para realizar pruebas de DQO y determinar la cuantificación del riesgo y por último se realizaron pruebas de horizonte, porosidad, humedad, compactación e infiltración. Se estableció que el difenoconazol representa un riesgo alto por toxicidad para los seres humano a pesar de que está clasificado como tipo III: poco peligroso; así mismo se estableció que debido a la características de compactación, el pobre drenaje del suelo, y la baja solubilidad que presenta el difenoconazol hacen que la percolación y la presencia de la sustancia en aguas subterráneas tenga una probabilidad muy baja y un alta probabilidad de que la sustancia se esté concentrando de manera superficial.

Objetivos

Objetivo General

- Evaluar el riesgo ambiental asociado a la toxicidad del difenoconazol en cultivos de fresa en una finca piloto de la vereda La Estancia en Madrid, Cundinamarca.

Objetivos Específicos

- Determinar la característica de toxicidad del residuo del difenoconazol en los cultivos de fresa de la finca piloto.
- Evaluar los procesos de transporte y afectación residual en el suelo, a partir de un montaje experimental y una caracterización tipo.
- Estimar la dosis suministrada del difenoconazol en la población que se encuentra localizadas en la finca piloto.

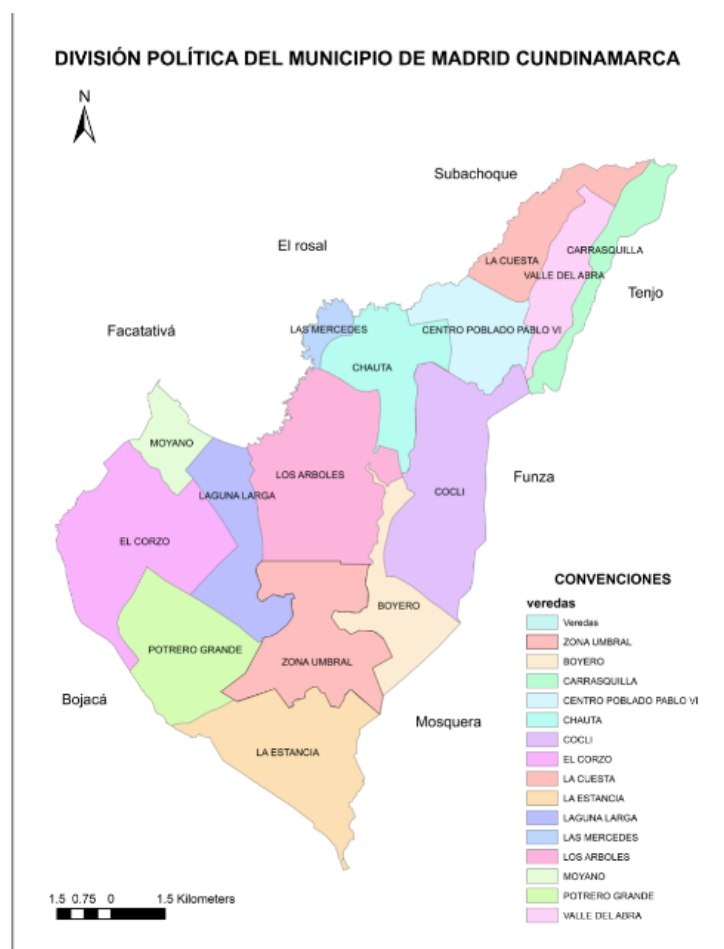
1.Marco teórico

1.1. Localización

El municipio de Madrid se tuvo en cuenta debido a su gran importancia como productor de diferentes hortalizas y frutas de consumo a nivel nacional, así mismo por condiciones de facilidad de acceso y estudios sobre plaguicidas, realizados en esta misma área.

Se encuentra ubicado sobre la Cordillera Oriental en el Altiplano Cundiboyacense, el casco urbano de la región se encuentra a una altura de 2554 m.s.n.m. y a una distancia de 29 Km del distrito capital [6]; tiene una superficie total de $120,5 \text{ km}^2$, donde $7,5 \text{ km}^2$ están conformados por el área urbana y 113 km^2 por el área rural [7]. El municipio, como se observa en la Figura 1-1, limita por el noroccidente con Facatativá y El Rosal, por el norte con Subachoque, por el oriente con Tenjo y Funza y por el sur con Mosquera.

Figura 1-1. Plano político del municipio de Madrid

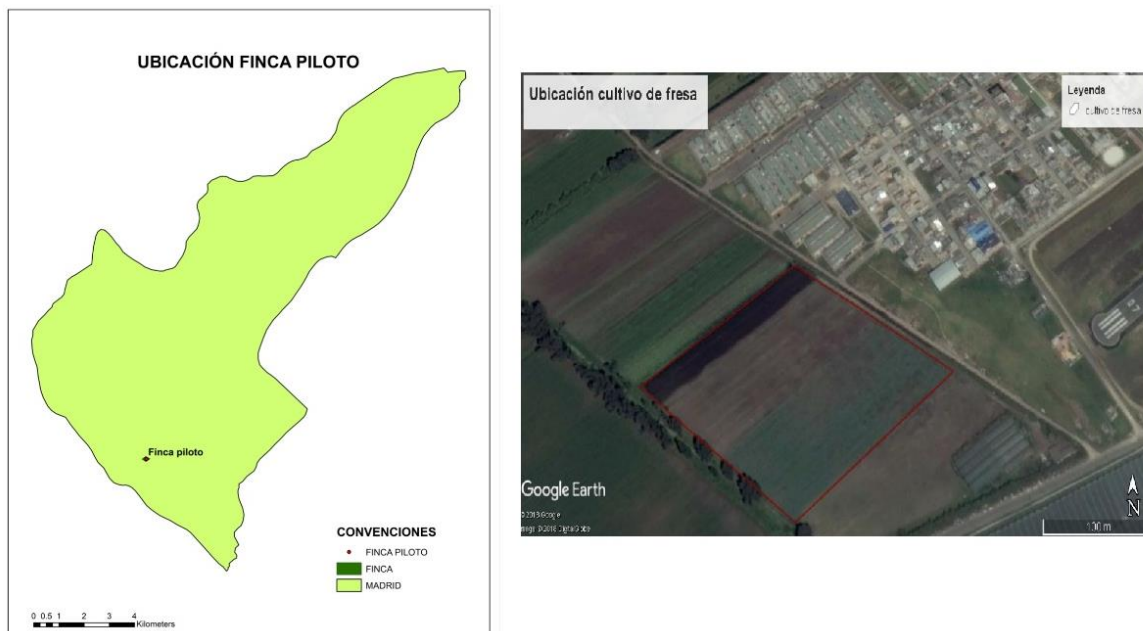


Fuente: autores

Madrid está distribuida en 16 veredas: Carrasquilla, La Estancia, Los Arboles, Laguna Larga, Potrero Grande, Boyero, La Cuesta, Bebederos, El corzo, Puente de Piedra, Las Mercedes, Santa Cruz, Chauta, La Punta, Moyano y Valle del Abra [6].

Este estudio se desarrolló en una finca productora de fresa ubicada en la vereda La Estancia al sur del municipio con coordenadas [4°43' 25.60" N - 74°17' 5.88" O] y a una altura de 2548 msnm (Figura 1-2); la finca piloto cuenta con aproximadamente 3,31 Ha para sus cultivos donde se dedica toda la tierra disponible a los cultivos de fresa.

Figura 1-2. Localización del cultivo de fresa



Fuente: autores con la herramienta *Google Earth*

En la finca Las Mercedes debido a las características propias del terreno y la ubicación geográfica hace posible una buena producción de fresa en la zona. Adicionalmente, es posible encontrar en la finca una pequeña área residencial con algunos bovinos y un invernadero para el cultivo de flores.

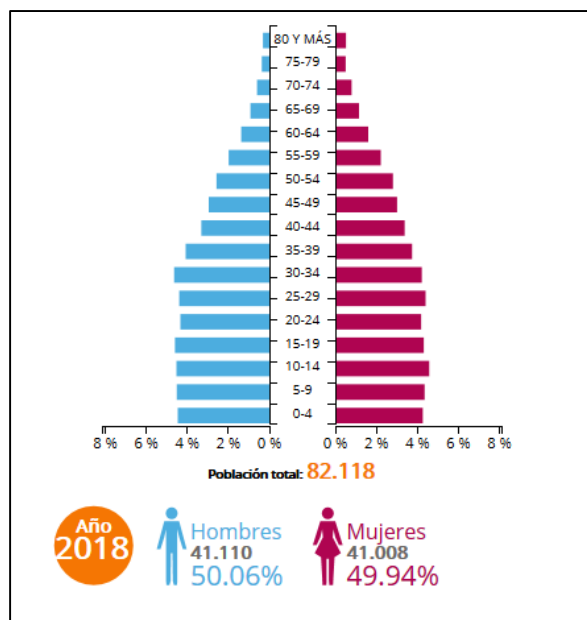
El área residencial se encuentra habitada por dos adultos y dos niños, los cuales cumplen la función de vigilar y controlar las actividades que se realizan en la finca Las Mercedes, cerca de la vivienda se encuentra una bodega la cual es utilizada para almacenamiento del material agrícola y un cultivo de fresa donde trabajan 6 agricultores.

1.2. Población

De acuerdo a la información del último censo realizado a nivel nacional en el año 2005, el municipio presenta 61.599 habitantes, de los cuales 8.418 habitantes hacen parte del área rural [8], así mismo indicó que el 28,9 % de las viviendas rurales ocupadas, con personas presentes el día del censo, tenían actividad agropecuaria: 62% agrícola, 91,6 % pecuaria y 0.3% piscícola.

La población proyectada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para el año 2018 fue de 82.118 habitantes, en donde, 41.110 habitantes (50,06%) son de género masculino y 41.008 habitantes (49,94%) corresponden al femenino [9], de igual forma en la pirámide población se puede determinar la población por grupos quinquenales de edad y sexo, en donde se evidencia una mayor población masculina entre los 30 y 34 años y de mujeres entre los 10 y los 14 años. A continuación se ilustra la proyección del municipio de Madrid para el año 2018 en la Figura 1-3.

Figura 1-3. Proyección del municipio de Madrid 2018 [9]



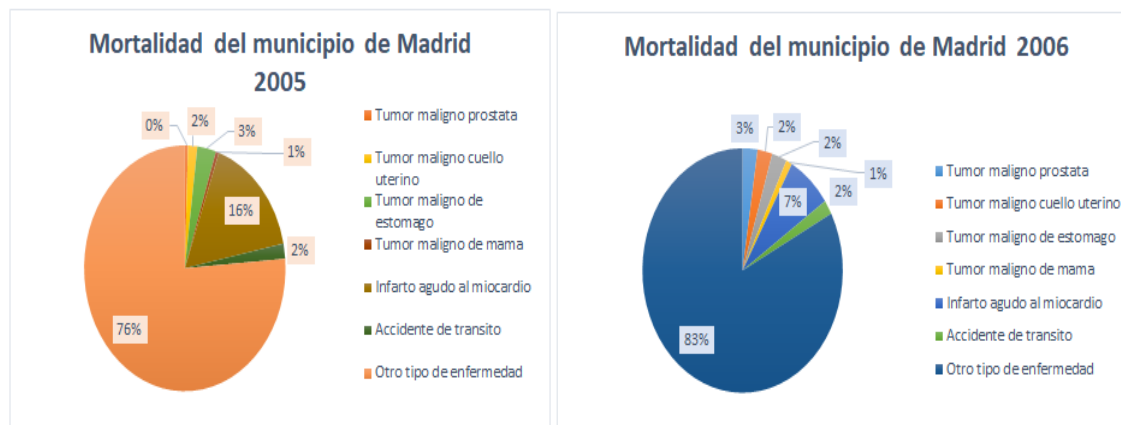
Estas proyecciones fueron realizadas a partir de los resultados ajustados de población del censo 2005 y de los años anteriores a este, así mismo, se utilizó información secundaria para la aplicación de modelos demográficos, matemáticos y sociodemográficos.

1.3. Situación en Salud

De acuerdo con los reportes del Plan de Desarrollo Municipal de Madrid Cundinamarca (2008-2012), las primeras causas de consulta en los centros de atención médica obedecen a infecciones respiratorias agudas (IRA) [6], especialmente en menores de 5 años, en donde sus principales causas radican en el entorno en donde residen, sin embargo, esta no es la principal causa de muerte del municipio.

La principal causa de mortalidad de la población se encuentra en neoplasias en la próstata, cuello uterino y de estómago e infarto agudo al miocardio, como se evidencia en la Grafica 1-1.

Gráfica 1-1. Mortalidad del municipio de Madrid (2005-2006)



Fuente: autores

Según el sistema de vigilancia en salud pública del Instituto Nacional de Salud, para el año 2017 se presentaron en Cundinamarca 1620 casos de intoxicaciones [10], donde 53 de los casos se presentaron en Madrid.

1.4. Aspecto socioeconómico

La economía del municipio de Madrid se basa inicialmente en el sector industrial y el agropecuario, siendo este último el de mayor relevancia debido a que presenta una mayor zonal rural que urbana; el municipio ocupa el primer lugar a nivel departamental en el componente agrícola logrando el 15,8% de valor agregado [11], igualmente, es líder en variedad de productos, particularmente en la producción de alimentos tales como, repollo, zanahoria, maíz, lechuga y arveja.

Madrid es el principal productor de gran variedad de hortalizas a nivel departamental, donde buena parte se cultiva en predios de pequeña escala, esto productos presentan gran demanda a nivel nacional por ser considerados de gran calidad en el departamento, principalmente abasteciendo el mercado de la ciudad de Bogotá, pero con una amplia demanda a nivel nacional [11].

1.5. Actividad agrícola de la zona de estudio

1.5.1. Cultivos de fresa

Cundinamarca es el principal departamento en la producción de fresa en Colombia, aportando el 71% de la producción total del país, se cultiva aproximadamente 990 hectáreas, las cuales representan una participación del 68% del área total sembrada en el departamento, logrando un rendimiento de 47 toneladas por hectárea estimados para el año 2017 [2].

Los municipios con el mayor nivel de producción de fresa están ubicados en la Sabana de Bogotá, debido a que son zonas con aptitudes agroecológicas y relativamente cerca al

centro poblado de gran importancia, los principales productores de fresa son Sibate, Chocontá, Guasca, Facatativa y Madrid.

1.5.2. Origen

Aunque no se sabe el origen exacto de la fresa existe una gran variedad de especies alrededor del mundo donde se indican dos zonas de posible procedencia, en los Alpes Europeos y en Chile [12].

La fresa es uno de los principales cultivos hortofrutícolas en el mundo gracias a su amplia demanda, a las ventajas nutricionales, a sus diferentes formas de cultivo y los beneficios sobre la salud humana que representa [13].

Las variedades más utilizadas comercialmente provienen del cruce entre las especies *Fragaria virginiana* y *Fragaria chiloensis*, caracterizadas por tener frutos de mayor tamaño que las especies originales, como son las Camarrosa, Albión, Camino Real, Monterrey, San Andreas, Portola, Ventana y Palomar, siendo estas dos últimas la más cultivadas en Colombia debido a su adaptabilidad a la Sabana de Bogotá y por su resistencia al frío [14].

1.5.3. Morfología y Taxonomía

La fresa pertenece al orden de los rosales, de la familia Rosácea, la familia Rosoideae, del género *Fragaria* con más de veinte especies y 1000 variedades por la gran capacidad de hibridación que presenta la especie, clasificando el cultivo de fresa en grupos de acuerdo a las especificaciones de crecimiento [15].

Es una planta leñosa con ciclo de vida bastante corto (tiempo de producción de dos años con vida comercial viable), presenta en su sistema radicular de raíces y raicillas, en donde estas últimas sufren de procesos de renovación constantemente [14], su profundidad es de aproximadamente 40 cm. Su tallo es comprimido en una corona, de la cual surgen las hojas en muy estrechos intervalos, en las axilas se encuentran formaciones de yemas que evolucionan como ramas o escapos florales.

Su reproducción es sexual a partir de inflorescencias generalmente hermafroditas, pequeñas de pétalos blancos y receptáculo amarillo, los cuales terminan desarrollando poliaquenos “eterios” que contienen los frutos (aquenos) en su superficie. Los eterios son denominados como las fresas, estas son frutos no climatéricos, por lo que no completan su madurez comercial una vez recolectado [15].

1.5.4. Ciclo fenológico del cultivo

Los cultivos de fresas se pueden dar en variedades de climas, de preferencia los climas fríos, se adapta principalmente en alturas entre los 1900 a los 2600 msnm y con temperaturas que varían de 10 a los 18°C [15], cabe resaltar que el crecimiento de estos cultivos dependen directamente de la temperatura y de las condiciones de luz, por lo días largos (más de doce horas de luz) y temperaturas altas producen crecimiento vegetativo negativo y las bajas temperaturas y días cortos inducen a la floración.

La precipitación óptima que se debe presentar en el año es entre 900 y menor de 1800 mm, un exceso en el agua pudre la raíz, lo que produce enfermedades que infectan fácilmente a las hojas a temprana edad [13], así mismo en la fase de maduración puede generar que esta se agriete y presente enfermedades fungicidas.

Debido a que la fresa presenta un sistema radical en donde más del 80% es ubicado en los primeros 15 cm del suelo, éstos no tienden a ser profundos, son livianos, de preferencia arenoso, con buen drenaje y con un PH de 5,5 a 6,5 aproximadamente [15].

Las etapas del desarrollo del cultivo son: vegetativa, reproductiva y productiva visualizándose de mejor manera en la Figura 1-4.

Figura 1-4. Proceso fenológico de la planta [14]



Debido a su variabilidad de adaptación la fresa se puede sembrar en cualquier época del año sin embargo, es recomendable realizarlo en los primeros meses del régimen lluvioso: mayo, junio y julio con el fin de producir en los primeros meses del régimen seco: noviembre y diciembre un aprovechamiento máximo de cosecha con calidad.

1.5.5. Riego

El volumen del agua y la duración del riego depende de parámetros como radiación solar, humedad relativa, el tipo de suelo, la variedad, la etapa fenológica, el tamaño de la planta, la precipitación, entre otros [15].

Se tiene tres mecanismos para realizar el riego en el cultivo: por gravedad, goteo y/o por aspersión [16], sin embargo, los más utilizados son los dos últimos. Cuando se realiza por aspersión, se usa de preferencia aspersores pequeños y de gota fina, con el fin de que no afecte el afloramiento; si se realiza a través de cinta de goteo, generalmente el goteo varía entre 0,75 a 1 l/h. Cada mecanismo debe ajustarse al microclima y las condiciones de la planta y el suelo.

1.6. Uso de plaguicidas en la actividad agrícola

Los plaguicidas son definidos como cualquier sustancias destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos y productos agrícolas [17], dada su naturaleza tóxica, muchas de estas sustancias constituyen un peligro potencial para la salud humana y el ambiente.

1.6.1. Difenoconazol

El ingrediente activo grado técnico¹ Difenoconazol es un polvo con color blanco y un olor ligeramente dulce perteneciente al grupo químico de los triazoles y con formula química $C_{19}H_{17}C_{12}N_3O_3$ [18].

Es utilizado en algunos fungicidas como principio activo para el control preventivo y curativo de enfermedades fungosas de manera foliar, a través de las semillas y el suelo en diferentes cultivos como el frijol, cebolla, rosas, tomate, fresas entre otros.

Este actúa de forma tal que se absorbe por las hojas inhibiendo la demetilación, la cual perjudica la función de las membranas de los hongos y por ende la muerte de estos, siendo estable hasta los 300° C [4].

- Toxicidad

A partir de los diferentes estudios realizados por las principales organizaciones, este ingrediente activo se encuentra categorizado en clase III poco peligrosa según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Figura 1-5) y ligeramente tóxica según la Agencia de Protección Ambiental (EPA)

Figura 1-5. Clasificación toxicológica de los plaguicidas según OMS

CLASIFICACIÓN TOXICOLÓGICA DE LOS PLAGUICIDAS				
Clasificación de la OMS según los riesgos	Formulación Líquida DL50 Aguda		Formulación sólida DL50 Aguda	
	Oral	Dermal	Oral	Dermal
Clase I a Productos Sumamente Peligroso	>20	>40	>5	>10
Clase I b Productos muy Peligroso	20 a 200	40 a 400	5 a 50	10 a 100
Clase II Productos moderadamente Peligroso	200 a 2000	400 a 4000	50 a 500	100 a 1000
Clase III Productos poco Peligroso	2000 a 3000	>a 4000	500 a 2000	>a 1000

¹ Compuesto que contiene todos los elementos químicos y sus compuestos químicos naturales o manufacturados, incluidos las impurezas y compuestos relacionados que resultan inevitablemente del proceso de fabricación.

Clase IV Productos que normalmente no obedecen a Peligro	>a 3000		>a 2000	
--	---------	--	---------	--

El difenoconazol posee baja toxicidad aguda por las vías de exposición oral, dérmica y de inhalación [19]. Se considera un irritante leve de los ojos y un ligero irritante de la piel.

Según un informe realizado por la EPA [19], se presentaron estudios subcrónicos en ratones, en donde estos manifestaron pérdida en el peso corporal y efectos en el hígado, así mismo, estudios de química clínica concuerdan con las patologías hepáticas, sugiriendo que el hígado es el principal órgano afectado. Otros estudios en perros manifestaron cataratas lenticulares unilaterales y bilaterales.

En cuanto a neoplasias los estudios demostraron que solo fueron halladas en condiciones excesivas de toxicidad por lo que se recomendó una clasificación de cáncer tipo C [20], es decir, posibles carcinógenos humanos: son experimentos que presentan como mínimo un tumor maligno, pero por sus condiciones no es suficiente para considerarlo una prueba contundente, sin embargo, la IARC afirma (*International Agency For Research on Cancer*) que no es un compuesto carcinogénico [4].

Los estudios de metabolismo indicaron que el tiempo de absorción máxima varia de 24 a 48 horas después de su dosificación y su eliminación se da principalmente en las heces con un 94% [19], además, se determinó que no se acumula en el organismo ya que el estudio no arrojo algún dato apreciable.

Finalmente un estudio en Madrid Cundinamarca en un cultivo de lechugas determinó que el difenoconazol presentaba un riesgo alto por toxicidad para los seres humanos, a pesar de ser catalogado de baja toxicidad (III) [21].

- Efectos en el ambiente

El compuesto difenoconazol tiene aproximadamente un tiempo de vida media de 175 a 1600 días, clasificando este ingrediente activo como un compuesto persistente en el suelo, tiene una constante de adsorción normalizada (Koc) de 734 y 7734 ml/g indicando que no tiene movilidad en el suelo.

En el agua superficial la vida media es de 5,8 días lo cual indica que no es persistente en este medio, por otra parte, el potencial de lixiviación que presenta es de 3,63 evidenciando un alto potencial de lixiviación.

Por último, en el aire presenta un valor de presión de vapor de $6,6 \times 10^{-8}$ Pa para 20° C por lo que el riesgo de que el Difenoconazol se volatilice es muy bajo, considerándolo un producto no volátil [18].

1.7. Evaluación del riesgo

Es una metodología que supone la exposición a una sustancia tóxica introducida en un medio y que puede traer consigo efectos adversos en la población o los ecosistemas, consta principalmente de 4 etapas: análisis de riesgo, evaluación de la toxicidad, evaluación de la exposición y caracterización de los riesgos [22].

1.7.1. Análisis de riesgo

En esta primera instancia se determinan los contaminantes que se pueden presentar en el medio y que tienen un posible riesgo, está dividida en dos secciones: la identificación del posible riesgo y la evaluación del mismo.

Los riesgos son percibidos dependiendo de las condiciones en que se encuentre el área de influencia, así mismo, de la población afectada tanto a nivel individual como grupal, las características de los daños, qué tan acostumbrada están a este tipo de daños, entre otros.

Para identificar si hay posible riesgo es necesario recurrir a estudios epidemiológicos y toxicológicos que puedan determinar la presencia o no de la sustancia problema, posteriormente se realiza la evaluación del riesgo a partir de normatividad nacional e internacional que establezca los límites permisibles en el individuo y en los compartimentos ambientales, para estimar la severidad y probabilidad de que se produzca un daño para la salud humana y el ambiente por una actividad o exposición a una sustancia y que bajo circunstancias es probable que pueda causar daño a la salud humana o al ambiente.

1.7.2. Estimación a la exposición

En esta etapa se determina la relación existente entre la sustancia tóxica y el organismo expuesto a ésta, representa la correspondencia entre la cantidad del tóxico y la magnitud del efecto, así mismo, dicha relación dosis-respuesta determina si la sustancia es cancerígena o no.

En esta fase se determina el escenario de exposición, su mecanismo de liberación, fuentes potenciales, rutas de exposición y sus posibles receptores, las características físico-químicas de la zona que pueden tener influencia sobre la movilidad de la sustancia tóxica y las actividades humanas que se llevan a cabo, además, de aspectos relacionados con el tiempo de exposición en función de su duración y frecuencia.

1.7.3. Cuantificación de la exposición

Se determina la dosis diaria de exposición que se tiene por cada contaminante o por varios durante un periodo de tiempo, con el fin de poder estimar exposiciones futuras.

La cuantificación de la exposición consiste en determinar la magnitud, frecuencia y duración de las exposiciones de los individuos por cada una de las rutas significativas.

1.7.4. Caracterización de los riesgos

Por último, se integran la información toxicológica del contaminante y la valoración estimada de dosis diaria de exposición, con el fin de determinar cuantitativamente el riesgo, dependiendo la sustancia considerada y las diferentes vías de exposición; la determinación del riesgo es cuantificada de manera diferente dependiendo si es cancerígena o no.

1.8. OCDE 312: Lixiviación en columnas de suelo

Esta prueba fue realizada por la OCDE (Organization for Economic Co-operation and Development), utilizadas principalmente para la selección y clasificación de sustancias químicas en la investigación de toxicología [23].

El método consiste en que a partir de columnas de suelo bajo condiciones de laboratorio controladas (saturación, lluvia artificial y la sustancia química), se drene el lixiviado que esta presenta y una vez finalizado este proceso poder ser analizada la sustancia a prueba.

1.9. Método y procedimiento para determinar la característica de toxicidad por lixiviación (TLCP)

El TLCP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) es un método creado por la EPA, para determinar las características de toxicidad por lixiviación de un compuesto tóxico, tales como, metales, compuestos orgánicos volátiles, semi-volátiles y pesticidas, ya sea un residuo líquido, sólido o una mezcla de estas fases.

Este método se realiza a través de un análisis practicado a una muestra del lixiviado, determinando el potencial de peligrosidad, es decir, si contiene algún constituyente tóxico de concentraciones que igualen o superen la normatividad. Inicialmente se separan las fases líquidas y sólidas presentes en la muestra para posteriormente ser llevada a un periodo de agitación de 18 horas con una solución lixivante [24].

Una vez terminado el proceso de agitación es posible realizar las medidas necesarias para cuantificar mediante DQO de alguna u otra forma dicha sustancia. El IDEAM establece que el DQO determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agentes oxidantes, temperatura y tiempo [25].

2. Equipos

2.1. Equipos para la caracterización tipo del suelo

A demás de los equipos que se utilizaron en el laboratorio del IGAC para la caracterización físico-química del suelo se realizaron pruebas de infiltración, porosidad,

humedad, compactación del suelo y perfil de horizontes en campo, que se desglosan a continuación:

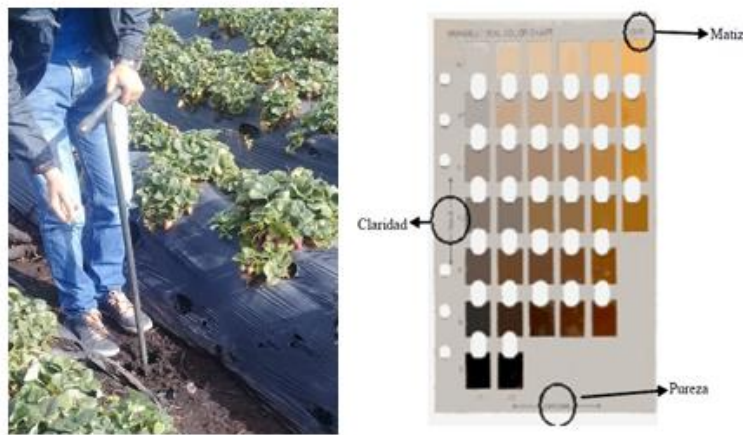
2.1.1. Perfil de horizontes

Para determinar los diferentes horizontes que se presentaban en el suelo, se utilizó un barreno, el cual es una herramienta que se emplea para realizar perforaciones en el suelo a partir de un tornillo helicoidal rotatorio, desplazando el material a lo largo del eje de rotación.

Para realizar la identificación taxonómica del suelo se implementó la tabla de color de Munsell, esta ofrece una manera posible de evaluar y clasificar el suelo en función a su color, indicando la composición del suelo dentro de un área geográfica dada, la tabla incluye el matiz que es el color espectral dominante, el valor que es la claridad u oscuridad de los rangos de color y el croma que es la pureza o rango de color [26].

La figura 2-1 ilustra los dos equipos implementados en la ejecución del perfil del suelo.

Figura 2-1. Equipos para el perfil del suelo [27]



2.1.2. Infiltrómetro

El infiltrómetro es un equipo sencillo de 32,7 cm de longitud y 3,1 cm de diámetro, que puede medir la conductividad hidráulica del suelo y su infiltración (Figura 2-2) [28]; para ello se llena el equipo con agua y este es colocado verticalmente sobre la superficie del suelo, se realiza las medidas de la decantación del agua cada 30 segundos durante 5 minutos, esto puede variar dependiendo el tipo de suelo.

Figura 2-2. Infiltrómetro (Ref. 509-332-2756)

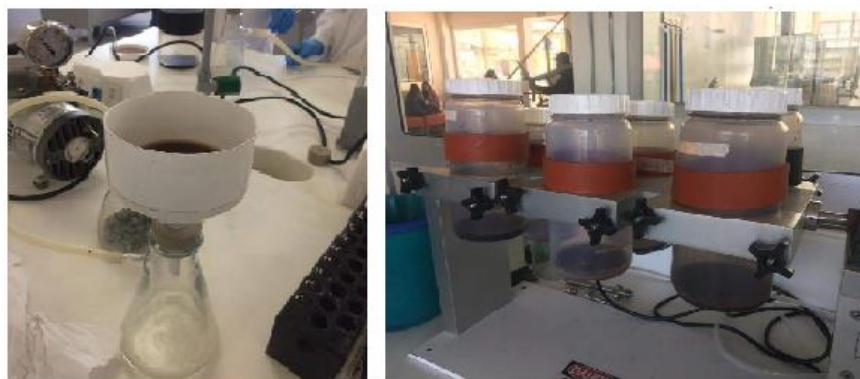


Fuente: autores

2.2. Equipos para el ensayo de TCLP

De acuerdo a lo establecido en la guía 1311 de la EPA [24], los principales equipos para realizar el procedimiento TCLP son: la unidad de filtración y de agitación (Figura 2-3), sus especificaciones se encuentran establecidas en la Tabla 2-1

Figura 2-3. Sistema TCLP



Fuente: autores

Tabla 2-1.Especificaciones del montaje TCLP [29]

ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS		
UNIDAD	FUNCIÓN	REFERENCIA
Unidad de filtración	Permite la separación de las fases de la muestra a analizar.	
Agitador rotatorio	Permite la agitación de la muestra a 30 rpm	3740-BRE
Cesta de acero para las botellas	Asegura las botellas con el extracto en el agitador	3740-WGB, Vaso de Boca Ancha
Botellas del extracto	Contiene la muestra	3740-PWC de WGB
Aro de caucho para asegurar las botellas	Asegura las botellas con el extracto en las cestas	3740-RC

Para el análisis de DQO se utilizaron reactivos certificados de marca Hanna, los cuales permiten medir tres rangos de medición, son elaborados con la Norma de los Métodos 5220D, la USEPA 410.4 e ISO 5705:2002; así mismo, se utilizaron viales pre-dosificados de aproximadamente 3 ml y un reactor de DQO equipado con dos ajustes de temperatura predefinidos: 150 °C y 105 °C.

3. Marco normativo

La normatividad ambiental relacionada con la gestión de los agroquímicos se comenzó a establecer debido al gran aumento de estas sustancias en la atmósfera, hidrósfera y suelo desde el siglo XX, presentándose así, afectaciones en la salud de la población [30]; se plantearon varios instrumentos tanto internacionales como nacionales, con el fin de maximizar la productividad y la competitividad con el mínimo riesgo posible para la salud humana, el ambiente y el desarrollo sostenible.

A partir de 1972, a nivel internacional, se comenzó a proteger el recurso suelo, partiendo de la declaración de la “Carta europea de suelos” [31], posteriormente se inició una serie de protocolos y convenios en los que Colombia hace parte, que generan conciencia y normas en los diferentes países en cuanto a la gestión, manipulación y los límites que se deben tener en cuenta para que las nuevas herramientas antropogénicas no afecten los diferentes ecosistemas, como es el caso del uso de plaguicidas.

A nivel nacional, desde 1974 hasta la fecha actual, entidades como el Ministerio de Salud y el Ministerio de Agricultura y demás entidades encaminadas y/o relacionadas con la gestión de plaguicidas han venido restringiendo o prohibiendo el uso de algunos plaguicidas en el país, además de crear programas y documentos para las buenas prácticas agrícolas [32].

3.1. Normas internacionales

A continuación en la Tabla 3-1 se presentan las diferentes normas, convenios y acuerdos que se han comprometido a la búsqueda de mecanismos y estrategias que permitan conservar y proteger al medio ambiente y el menor riesgo de afectación a la población.

Tabla 3-1. Normatividad internacional para el control de plaguicidas

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Codex Alimentarius	En este código se establece los alimentos que no deben contener una cantidad muy alta de residuo de plaguicida, señalando los límites máximos que se deben considerar.
Convenio de Estocolmo (1995)	Regula el tratamiento de las sustancias tóxicas para proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes (COPS)
Convenio de Kioto (1997)	Promueve el desarrollo sostenible e estimula a todas las partes a aplicar políticas y medidas de protección y aumento de los sumideros y depósitos de gases de efecto invernadero.
Resolución 630 de 2002	Resuelve implementar el Manual Técnico Andino para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola para su

	aplicación en los Países Miembros.
Dosis Letal 50 en ratas (OMS)	La DL50 oral en ratas, constituye la base de las recomendaciones de la (OMS) para la clasificación de los plaguicidas de acuerdo con su grado de peligrosidad.
Reglamento (CE) N° 396 del 2005 del Parlamento Europeo y del Consejo	Todos los alimentos destinados al consumo humano o animal en la Unión Europea (UE) están sujetos a un límite máximo de residuos de plaguicidas en su composición con el fin de proteger la salud humana y animal. El Derecho de la UE regula los límites aplicables a los diferentes productos de alimentación y fija un límite máximo aplicable por defecto.

Fuente: Autores

3.2. Normas nacionales

A continuación, se presenta en la Tabla 3-2 la normatividad nacional para el control de plaguicidas:

Tabla 3-2. Normatividad nacional para el control de plaguicidas

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Ley 9 de 1979	Contiene normas generales sobre la producción, formulación, almacenamiento, distribución, movilización y aplicación de plaguicidas
Decreto 1753 de 1994	Indica los casos en los cuales se requiere de licencias ambientales para la producción, importación de plaguicidas y aquellas sustancias, materiales y productos sujetos a controles por virtud de tratados, convenios y protocolos Internacionales ratificados por Colombia.
Decreto 1843 de 1991 (Modificado por el Decreto 3830 de 2008, por el Decreto 4368 de 2006, por el Decreto 3213 de 2003, por el Decreto 1482 de 1998 y por el Decreto 695 de 1995.)	Por el cual se reglamentan parcialmente los títulos iii, v, vi, vii y xi de la ley 09 de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas, con el fin de evitar impactos negativos en el medio ambiente, en los animales y en las personas.
Norma Colombiana 3584 de 1991 ICONTEC	Establece una guía para la disposición de desechos de plaguicidas, en su producción, almacenamiento, transporte y aplicación
Resolución 3079 de 1995- Instituto Colombiano Agropecuario	Ordena al ICA realizar el control técnico de los insumos agrícolas mediante el registro de productores, que corresponde a la autorización para la importación de los productos terminados y las materias primas

	utilizadas en la producción.
Política de Uso y Manejo de Plaguicidas Consejo Nacional Ambiental - Julio de 1998	Tiene como objetivo principal prevenir y minimizar los impactos y riesgos sobre los seres humanos y el medio ambiente, que se pueden dar en las diferentes etapas del ciclo de vida de los plaguicidas.
Decreto 1756 2006	Es emitido por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en el cual, se adopta el manual de procedimientos de regulación y control de plaguicidas químicos de uso agrícola.
Decreto 3930 de 2010.	Establece algunas restricciones para el control de la contaminación de cuerpos de agua, por agroquímicos.
Resolución 1866 de 2011	Por la cual se emite dictamen técnico ambiental para el productos a partir de los ingredientes activos grado técnico azoxystrobin y difenoconazol

Fuente: Autores

En la evaluación del riesgo toxicológico, la normatividad presentada anteriormente se encuentra directamente relacionada con la fase de determinación de la significancia del riesgo, la cual establece que límites son permisibles en el individuo y en los compartimentos ambientales, así se estima la severidad y probabilidad de que se produzca un daño para la salud humana y/o el ambiente por una actividad o exposición a una sustancia, así mismo, dicha normatividad genera protocolos y convenios para generar conciencia en cuanto a la gestión y manipulación de estos productos. Los resultados de este estudio se compara con las dosis letales 50 en ratas de la OMS, el Reglamento (CE) N° 396 del 2005 del Parlamento Europeo y del Consejo y la Resolución 1866 de 2011.

4. Metodología

La organización de la metodología del presente estudio se realizó exactamente siguiendo los pasos descritos en la evaluación de riesgo, la figura 4 indica el procedimiento elaborado:

Figura 4. Metodología



Fuente: Autores

4.1. Análisis de riesgo

4.1.1. Identificación de peligros

Se elaboró un diagnóstico por finca en la vereda La Estancia, en donde se determinaron, los diferentes cultivos, tipo y estado en el que se presentaba el agroquímico.

Para determinar la existencia o no de peligro se tomaron dos muestras del suelo definidas como blanco y tratamiento, a esta última se le agregó plaguicida directamente realizando los cálculos pertinentes que se encuentran registrados en el Anexo A. *Cálculos para la aplicación del plaguicida e ingrediente activo* y se llevaron a la Universidad de la Salle; allí se realizó el protocolo para la implementación de la metodología TCLP, la cual se obtuvo a partir del método 1311, elaborado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) [33].

- TCLP

Todos los materiales se lavaron con agua destilada y solución sulfocrómica (Figura 4-1) antes de su utilización con el fin de evitar la contaminación de las muestras por algún material utilizado anteriormente.

Figura 4-1. Solución sulfocrómica



Fuente: Autores

Posteriormente se realizó una evaluación preliminar la cual considera la determinación de sólidos en el residuo, la consideración de reducir el tamaño de la muestra en su fase sólida y la definición del tipo de solución lixiviante que será requerida para realizar la extracción.

Se pesó alrededor de 120 gr de la muestra y consecutivamente fue transferida a la unidad de filtración; con ayuda de una bomba se generó presión progresivamente dejando filtrar de 15 a 20 minutos, al no generarse ninguna lixiviación se determinó que la muestra era 100% sólida, esta no se tamizó ya que el suelo fue capaz de pasar a través de un tamiz estándar de 9,5 mm. La figura 4-2 ilustra el proceso realizado en la fase preliminar.

Figura 4-2. Fase preliminar

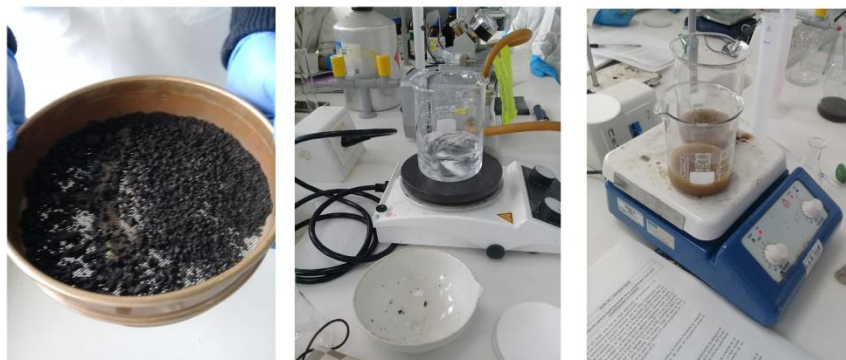


Fuente: autores

Para determinar la solución lixiviante que se implementó para obtener el extracto TCLP a partir de la fase sólida, se transfirió en un beaker, 5 gr de la fase sólida del residuo previamente triturado (es capaz de pasar a través de un matriz estándar de 1 mm) y 96,5

ml agua de análisis, agitándose durante 5 minutos con ayuda de un agitador magnético, posteriormente se midió el pH, el valor obtenido fue superior a 5 en todos los casos, por lo que se le agregó 3,5 ml de ácido clorhídrico (HCl) 1N y se calentó a 50°C durante 10 minutos y se midió de nuevo el pH, su valor fue inferior a 5 por lo que se utilizó la solución lixivante N° 1(Figura 4-3).

Figura 4-3. Proceso solución Lixivante



Fuente: autores

Posteriormente se preparó el lixiviado en las botellas de extracción, colocándose la solución lixivante en relación 20:1, es decir que por cada gramo de suelo se colocó 20 veces la solución lixivante correspondiente. Se agregó lentamente y consecutivamente se aseguró en un dispositivo de agitación por rotación a 30 ± 2 rpm durante 18 ± 2 horas, como se observa en la Figura 4-4.

Figura 4-4.Unidad de agitación



Fuente: autores

Una vez finalizado el proceso se separaron las dos fases a través de un proceso filtración, finalmente se introdujeron 2 ml de la sustancia lixivante dentro de celdas HACH para el análisis correspondiente dentro del termoreactor y después de dos horas se realizó la lectura de los valores de DQO.

4.1.2. Determinación de la significancia del riesgo

Para la significancia del riesgo se tuvo en cuenta el límite máximo de residuo de plaguicida en productos destinados a la alimentación, la clasificación toxicológica estipulada por la OMS y las concentraciones máximas de adsorción que presenta el ingrediente activo en el suelo.

4.2. Estimación a la exposición

4.2.1. Escenario de exposición

Para estimar el escenario de exposición se tuvo en cuenta los datos para el diagnóstico climatológico de la base de datos del IDEAM [34], de la estación más cercana a la finca piloto, esta estación se encuentra ubicada en la base aérea Madrid [4.7288055556°, -74.2725°], así mismo, se tuvo en cuenta información secundaria en cuanto a su vegetación, topografía, edafología e hidrogeología.

La Figura 4-5 ilustra la localización de la estación meteorológica y su distancia a la finca piloto

Figura 4-5. Localización estación meteorológica



Fuente: autores con la herramienta Google Earth

4.2.2. Caracterización del escenario de exposición

En la caracterización del escenario de exposición se determinó la influencia que tiene el agroquímico con la población directa e indirecta de la zona; se elaboraron dos instrumentos de recolección de información: el primero se realizó para los trabajadores y el dueño del cultivo, allí se preguntó sobre el manejo del agroquímico, lo relacionado con la protección que se debe implementar y las posibles afectaciones a la salud que pueden

estar ligadas a su manipulación; el segundo se realizó a la familia que vigila la finca, en esta se preguntaron las condiciones de vivienda, específicamente el acceso al agua, las condiciones sanitarias, la disposición de los residuos y sobre las posibles afectaciones que pueden estar ligadas con la exposición del plaguicida.

En ambas encuestas se recolectan datos que se requieren para cuantificar la exposición al agroquímico.

- Rutas de exposición

Se establecieron dos posibles rutas, teniendo en cuenta la aplicación y las características físico-químicas del plaguicida; la primera hace referencia a una ruta indirecta de exposición que consideran los diferentes compartimentos ambientales. La segunda ruta es una ruta de exposición directa donde la fresa es el principal punto de contacto entre la población expuesta y el agroquímico.

Debido al interés que se tenía en el compartimiento del suelo se tomó este como ruta principal de exposición, en primera instancia para determinar la forma en la que el agroquímico se mueve a través del suelo se realizó un perfil de horizontes en campo, para ello, con ayuda de un barreno se extrajo una muestra por horizontes hasta llegar a un máximo de un metro aproximadamente y así realizar la descripción de cada uno de ellos además de su caracterización a través de una tabla de color de Munsell y descripción en campo (Figura 4-6).

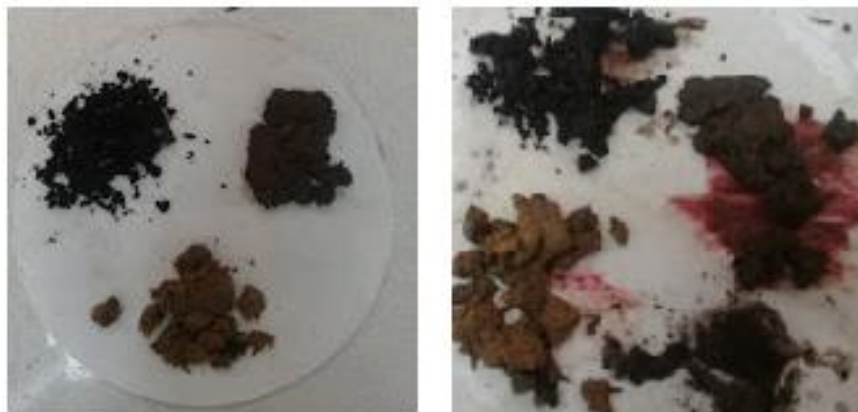
Figura 4-6. Perfil de suelo



Fuente: autores

Posteriormente la muestra fue llevada al laboratorio de la Universidad Santo Tomás para realizar pruebas de Andisoles y así determinar el tipo de suelo que presentaba la finca piloto; la prueba consistió en determinar cenizas volcánicas en el suelo a partir de la añadidura de fluoruro de sodio a los tres horizontes encontrados en un papel filtro impregnado de fenolftaleína (Ver Figura 4-7).

Figura 4-7 Prueba de Andisoles



Fuente: autores

Una vez realizado el ensayo de Andisoles, se procedió a realizar pruebas de pH para cada horizonte, se pesaron alrededor de 20 g de cada uno y se mezcló con agua en relación 1:1, consecutivamente se midieron los pH por medio de papel tornasol (Ver Figura 4-8)

Figura 4-8. Prueba de pH



Fuente: autores

Para la caracterización faltante del suelo clasificada como Q-01, se contó con el servicio de laboratorio que presta el IGAC, la cual incluye capacidad de intercambio catiónico, calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo disponible, aluminio de cambio (según pH) saturación de bases (calculado), carbono total, carbonato de calcio cuantitativo (según pH), textura por Bouyoucos y PH, (una recomendación por muestra); se implementó la guía metodológica de muestreo de suelos [35] que presenta la entidad y se procedió a tomar una muestra compuesta, la cual está determinada por varias submuestras tomadas aleatoriamente en la unidad de muestreo; en el estudio se tomaron 10 submuestras y el patrón escogido para tomarlas al interior del cultivo fue de Zig-Zag, buscando representatividad en la muestra, se tomó una distancia de 30 cm respecto al borde del cultivo, para evitar el riesgo de que estén influenciados por el efecto de borde y se alteren

los resultados. En la figura 4-9 se aprecia el patrón implementado para la recolección de las muestras.

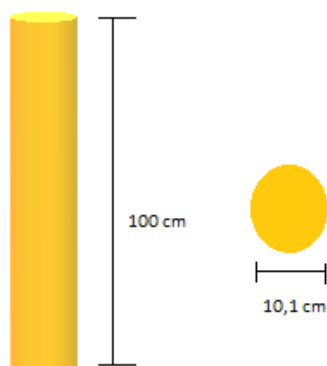
Figura 4-9. Patrón de submuestras Zig-Zag



Fuente: autores

Para determinar la movilidad del agroquímico en el suelo se realizó la extracción de dos muestras del suelo de un metro de profundidad, siendo una testigo y la otra tratamiento, con el fin realizar el montaje de columnas de suelo para aplicar la metodología considerada en el anexo 3 de la guía de OCDE 312 y así determinar el potencial de lixiviación bajo condiciones de laboratorio controlada; se diseñaron dos columnas de Policloruro de Vinilo (PVC) con 10,1 cm de diámetro (4 pulgadas) y 100 cm de profundidad, como se muestra en la Figura 4-10:

Figura 4-10. Diseño de columna



Fuente: autores

Para el trabajo de campo se estableció un punto central de la finca en donde se situaron las columnas, se realizaron presión en la parte superior de la columna, hasta que esta fue llenada completamente; posteriormente se realizó un mecanismo de polea para recuperarla (Figura 4-11).

Figura 4-11.Trabajo de campo



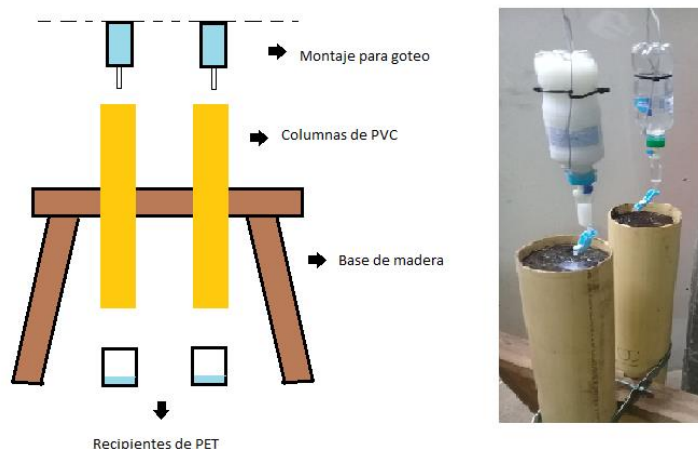
Fuente: autores

- **Montaje experimental**

El montaje experimental fue realizado en los laboratorios de la Universidad Santo Tomás, siguiendo la metodología mencionada anteriormente, se empleó una tapa con orificios en la parte inferior de las columnas para que la solución que se percola durante el tiempo del montaje, sea recolectada en contenedores de Tereftalato de Polietileno (PET), para posteriormente ser analizada.

Las dos columnas de PVC, tanto el testigo como el tratamiento se ajustaron a una base de madera para que estas tuvieran una elevación y poder recolectar el lixiviado, adicionalmente se realizó un diseño por goteo para agregar la solución. La Figura 4-12 ilustra el montaje experimental realizado.

Figura 4-12.Montaje experimental



Fuente: autores

A partir de los datos obtenidos por la estación meteorología y las condiciones del lugar, se consolidó una aplicación de 5 ml de agua destilada simulando la precipitación, durante 3 días por cada semana, es decir, 9 aplicaciones en las tres semanas experimentales; el plaguicida fue aplicado cada 8 días, durante estas tres semanas, como se realiza en la finca piloto, así mismo, se realizaron los mismo cálculos usados para la aplicación del

plaguicida en la identificación del peligro. Adicionalmente se realizaron pruebas de infiltración con el equipo de infiltración, infiltrómetro en dos puntos de la finca (punto A y punto B), para ello se colocó el infiltrómetro verticalmente sobre un suelo firme, se introdujeron 90 ml de agua y se desplazó el segundo tubo hasta una profundidad de 20 ml; consecutivamente se midió la decantación de agua durante 5 minutos (Figura 4-13) y posteriormente se dejó decantar 20 minutos más.

Figura 4-13. Prueba de infiltración por infiltrómetro



Fuente: autores

Por último se determinó la porosidad para validar los resultados obtenidos de la movilidad del plaguicida a partir de 5 muestras con un cilindro de 5,5 cm de altura y 6 cm de diámetro, este se introdujo en el suelo ejerciendo una presión vertical (Figura 4-14) para posteriormente ser retirado del suelo en forma cuidadosa, por último es trasvasada para posteriormente ser analizadas en laboratorio.

Figura 4-14. Recolección de muestras con cilindro



Fuente: autores

Una vez se tuvieron las muestras en el laboratorio de la Universidad Santo Tomás se realizaron dos procedimientos para determinar la porosidad del suelo: densidad aparente y

real; para la densidad aparente se pesaron las muestras y se llevaron a la estufa a 150°C durante 24 horas para finalmente registrar el peso del suelo seco; para determinar la densidad real se pesó un picnómetro vacío, luego se le agregó aproximadamente 20 gramos del suelo ya seco previamente tamizado (tamiz de 2 mm) y se registró su peso, consecutivamente en el picnómetro se agregó agua hasta completar 1/3 de su volumen, este fue golpeado suavemente y agitado hasta eliminar las burbujas de aire, por último se terminó de llenar completamente de agua el picnómetro y se registró su pesaje (Figura 4-15), estos datos también comprobaron el porcentaje de humedad que presenta el suelo.

Figura 4-15. Densidad aparente y real



Fuente: autores

La tabla 4-1 presenta las ecuaciones para la densidad real, aparente, porosidad y humedad del suelo:

Tabla 4-1. Ecuaciones de densidad aparente, real, porosidad y humedad

Densidad aparente	$Da = \frac{M_{ss}}{V_c} \quad (4.1)$	Dónde: M _{ss} =Masa seca del suelo (g) V _c = Volumen del cilindro (cm ³)
Densidad Real	$Dr = \frac{(M_{pss} - M_{pv})D_w}{(M_{pw} - M_{pv}) - (M_{pssw} - M_{pss})} \quad (4.2)$	Dónde: M _{pss} = Masa del picnómetro con suelo (g) M _{pv} = Masa del picnómetro vacío (g) D _w =Densidad del agua (g/cm ³) M _{pw} = Masa del picnómetro con agua (g) M _{pssw} = Masa del picnómetro con agua y suelo. (g)

Porosidad	$Porosidad = 100 * \left(1 - \frac{Da}{Dr} \right) (4.3)$	Dónde Da = Densidad aparente (g/cm^3) Dr = Densidad real (g/cm^3)
Humedad	$Humedad = \frac{Msh - Mss}{Mss} * 100 (4.4)$	Dónde Msh = Masa del suelo húmedo (g) Mss = Masa del suelo seco (g)

Fuente: autores

Adicionalmente se realizó una prueba de compactación del suelo utilizando un penetrómetro; se registraron 50 mediciones distribuidas aleatoriamente en campo (Figura 4-16).

Figura 4-16. Prueba de compactación del suelo



Fuente: autores

4.3. Cuantificación de la exposición

Para la cuantificación de la exposición se tuvieron en cuenta las concentraciones de DQO determinadas a partir del TLCP, además de los resultados obtenidos en los instrumentos de recolección de información, con el fin de implementarlo en el cálculo de dosis suministrada, descrito en la ecuación (4,5):

$$Ds = \frac{CTFD}{MP} (4,5)$$

Dónde:

C= Concentración promedio durante el periodo de exposición

T= tasa de contacto, la cantidad del medio contactado por unidad de tiempo

D= duración

M= masa corporal

P= Tiempo de promediación

Se obtuvo un cálculo de dosis suministrado para la población agrícola y otro para las personas que viven en la zona de influencia.

4.4. Caracterización de los riesgos

Por último para evaluar el nivel de riesgo cuantitativo al que se encuentra expuesto la finca piloto, se realizó una recopilación de información pertinente que permitió determinar las cantidades de la sustancia tóxica a las que se encuentra expuesta la población y que puede implicar un riesgo para la salud de los mismos.

Se establecieron a partir de la dosis de referencia (Ver ecuación (4,6)) los posibles efectos cancerígenos que posee o no la sustancia en cuestión y los índices de toxicidad que representan los diferentes modos de acción de la sustancia teniendo en cuenta el periodo de exposición y las vías respectivas.

$$Ddr = \frac{NOAEL}{Fls \times FM} (4,6)$$

Dónde:

NOAEL: nivel de exposición experimental que representa el máximo nivel privado al cual no se observan efectos tóxicos, este dato se obtiene de los estudios de Dosis/ Respuesta. Para difenoconazol equivale a 20 mg/Kg/día según La Universidad de Hertfordshire [36];

Fls: Se usa un FI de 10 cuando el NOAEL se obtuvo de experimentos con animales y se quiere extrapolar los resultados para determinar los niveles protectores para el hombre.

FM: Se aplica un FM entre 0 y 10 para reflejar una evaluación cualitativa profesional de las incertidumbres adicionales en el estudio crítico y en la base de datos que no se hayan mencionado entre los FI precedentes. El valor normal del FM es 1.

5.Resultados

5.1. Análisis de riesgo

5.1.1. Identificación del peligro

La Tabla 5-1, indica el diagnóstico realizado de los agroquímicos en la vereda La Estancia, se determinó que sólo la finca Las Mercedes presenta el ingrediente activo de interés (difenoconazol) en el cultivo de fresa, encontrándose el fungicida en estado líquido.

Tabla 5-1. Diagnóstico de agroquímicos

NOMBRE DE LA FINCA	CULTIVOS	PLAGUICIDAS	USO	ESTADO	INGREDIENTES ACTIVOS	GRUPO QUIMICO
Nataly	lechuga	Gramoxone	herbicida	polvo	Paraquat	bipiridilo
		Agrodine	Fungicida	polvo	Yodo en forma de complejo polietoxi, polipropoxi polietoxi-etanol y acido yodhidrico	Halogeno
		Mayestic	Insecticida	polvo	Mancozeb	Ditiocarbamato
	Remolacha	Fulminator	Insecticida	polvo	cipermetrina	organofosforados
		Lambdaclotrina	Insecticida	polvo	proferofos	piretroides
San Nicolas	Repollo	Latigo	Insecticida	Liquido	Lambdacialotrina	piretroides
					Clorpirifos etil	Organofosforado
		Forum	Fungicida	polvo	Dimetomorf	Morfolina
		Larvin	Insecticida	Liquido	Thiodicarb	Carbamato
San Rafael	Papa	Fulminator	Insecticida	polvo	Mancozeb	Ditiocarbamato
					cipermetrina	organofosforados
	Maiz	Latigo	Insecticida	Liquido	proferofos	piretroides
					Clorpirifos etil	Organofosforado
Las Mercedes	Papa	fitoraz	Fungicida	Liquido	Lambda Cihalotrina	Piretroide
					Dithiocarbamato	Carbamato
		manzate	Fungicida	polvo	cyanoacetamide oxime	Cianoacetamida oxima.
					Mancozeb	Ditiocarbamato
		Curzate	Fungicida	polvo	Cymoxanil	Cianoacetamida oxima.
					Mancozeb	Ditiocarbamato
		L agroper 250	Insecticida	Liquido	Cipermetrina (fenoxibencil)	Organofosforado
		Orthocide	Fungicida	polvo	Captan	Ftalimida
Las Mercedes	fresas	Kuik 40 sp	Insecticida	polvo	Metomilo	Carbamato
		Lorsban	Insecticida	polvo	Clorpirifos etil	Organofosforado
		Orthocide	Fungicida	polvo	Captan	Ftalimida
					Procymidone	Dicarboxamide
		Sialex	Fungicida	Liquido	Propineb	Ditiocarbamato
		Antracol	Fungicida	polvo	Piraclostrobina	Carbamato
		opera	Fungicida	Liquido	Epoxiconazol	
					Epoxiconazol	
Las Mercedes	fresas	nativo	Fungicida	Liquido	trifloxystrobin	
		Escore 250	Fungicida	Liquido	Difenoconazol	Triazol

Fuente: autores

Para la metodología de TCLP se creó un protocolo para constituyentes no volátiles, que se implementó a la hora de realizar el ensayo en la universidad de La Salle (Anexo B. *Protocolo para la implementación de la metodología TCLP para constituyentes no volátiles*)

), con respecto a los resultados obtenidos las dos muestras de suelo obtuvieron un porcentaje de sólidos del 100%, por lo que toda la muestra fue tomada para realizar la extracción, la Tabla 5-2 presenta los resultados de pH obtenidos para determinar la solución lixivante:

Tabla 5-2 Determinación de pH para solución lixivante

Solución lixivante (pH)		
	Blanco	Tratamiento
pH	6,05	5,97
Resultados	> 5 Revalorización	> 5 Revalorización

Fuente: autores

Debido a que los resultados de pH fueron mayores a 5, se le agregó 3.5 ml de ácido clorhídrico (HCl) 1N y se calentó a 50°C durante 10 minutos y se midió de nuevo el pH obtenido los resultados descritos en la Tabla 5-3

Tabla 5-3 Determinación de pH para solución lixivante con HCL

Solución lixivante (pH)		
	Blanco	Tratamiento
pH	2,28	4,43
Resultados	Solución lixivante 1	Solución lixivante 1

Fuente: autores

La Tabla 5-4 corresponde a las lecturas de DQO, no se requirió de alguna replica ni dilución.

Tabla 5-4. Resultados DQO

Muestra	DQO (mg/l)
Blanco	898
Tratamiento	1253

Fuente: autores

Para determinar el riesgo ambiental asociado específicamente al producto que se consume (fresa), se utilizó un valor teórico de dosis de referencia del difenoconazol de $2 \frac{mg}{Kg.día}$ [21].

5.1.2. Determinación de la significancia del riesgo

La comparación entre la diferente normatividad asociada al difenoconazol se encuentra descrita en la Tabla 5-5, sus unidades fueron transformadas para determinar la asociación a partir de la densidad del lixiviado (la densidad del lixiviado en el blanco fue de 0,94 g/ml y del tratamiento 0,98 g/ml).

Tabla 5-5 Asociación de la normatividad vigente y los resultados de DQO

Normatividad	Dosis(mg/kg)	Blanco (mg/kg)	Tratamiento (mg/kg)	Valor de referencia (mg/kg)
LMR (Comisión Europea)	3	955,31	1278,57	2
DL50 oral (ratas)	1453			
DL50 Dermal (ratas)	> 2010			
Normatividad	Dosis(mg/l)	Blanco (mg/l)	Tratamiento (mg/l)	Valor de referencia (mg/l)
DL50 inhalación (ratas)	3	898	1253	2
Ingrediente activo	400 a 5660 mg/l			

Fuente: autores

5.2. Estimación a la exposición

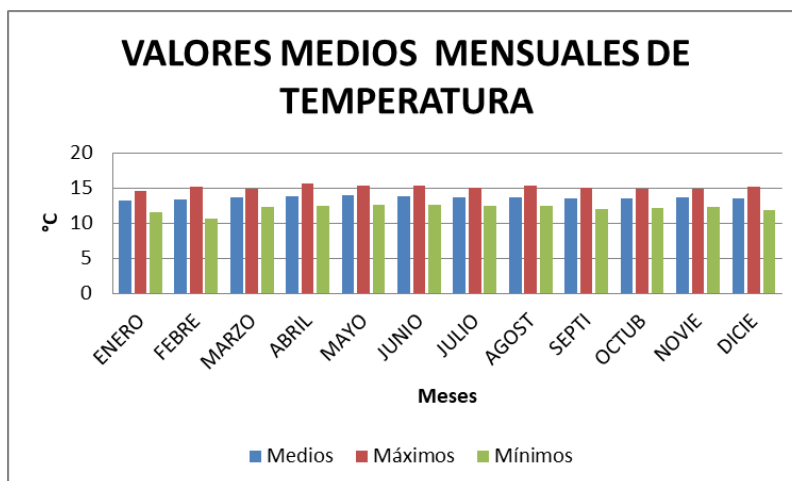
5.2.1. Escenario de exposición

- Climatología

El comportamiento climatológico de la zona es de gran importancia para el movimiento y distribución del agroquímico, por tal razón se realiza un énfasis en los factores de precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, factores que están directamente relacionados con los microclimas.

Temperatura: en la Gráfica 5-1, se observa la distribución de la temperatura en sus valores medios, máximos, mínimos, la temperatura media presenta valores con poca variación durante todo el año, en donde, oscila entre 13 a 14 °C, coincidiendo con la clasificación climática de Koppen de montañas tropicales [37], pudiendo llegar a tener valores mínimos de hasta 10°C y máximos de 15 °C.

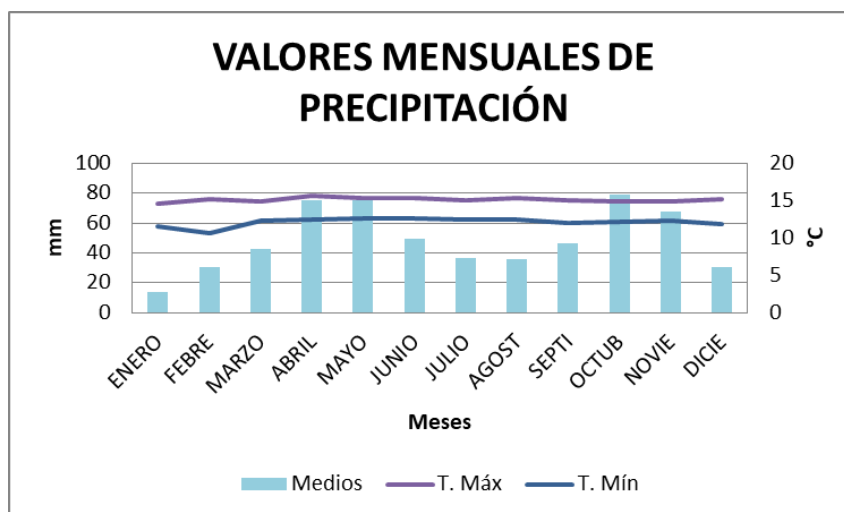
Gráfica 5-1. Temperatura



Fuente: autores

Precipitación: la gráfica 5-2 indica un valor anual de 582,2 mm de precipitación, siendo una de las zonas más secas del departamento de Cundinamarca, presentando un índice de aridez de 10,3 y un índice hídrico de 6,2 [6], además, tiene un régimen bimodal, con lluvias distribuidas a lo largo del año donde presenta sus máximos en los meses de abril-mayo y octubre- noviembre. Todos esos factores inciden para la producción agrícola y determinan la recarga de los acuíferos del municipio.

Gráfica 5-2. Precipitación

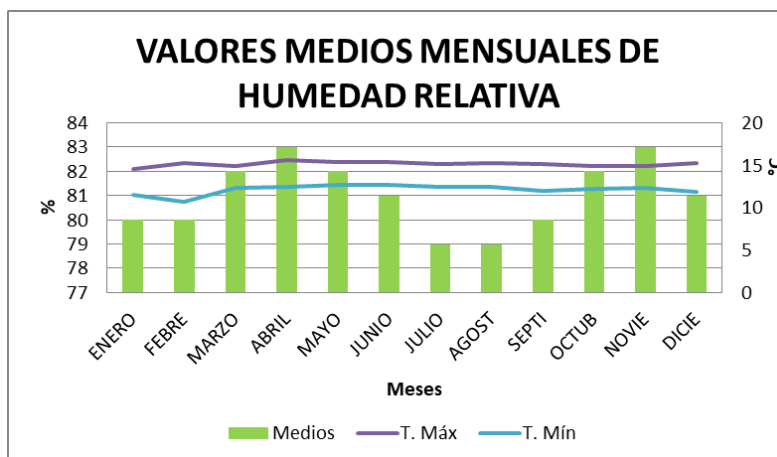


Fuente: autores

Humedad relativa: indica cuán cerca está el aire de alcanzar la saturación sin modificar su presión o temperatura. Para esta variable (Gráfica 5-3) el porcentaje máximo medido por

la estación es de 83% en los meses de abril y noviembre y los porcentajes mínimos en los meses de julio y agosto con 79%, teniendo una relación directa con la distribución de precipitación de la zona, así mismo, se determina que el aire contiene más de la mitad del vapor del agua que podría contener.

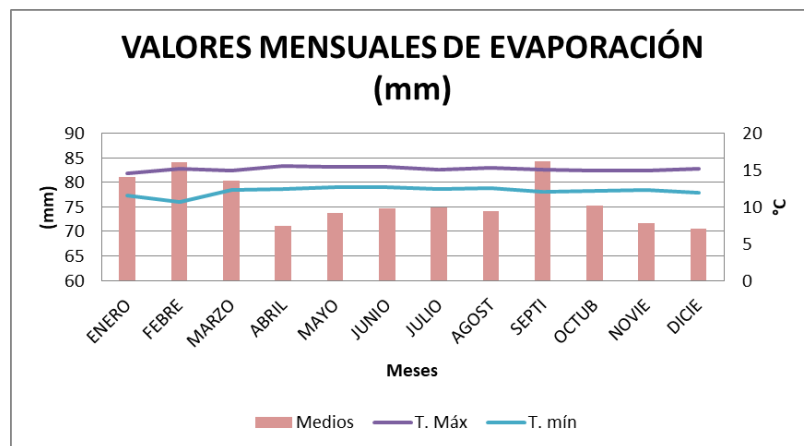
Gráfica 5-3. Humedad relativa



Fuente: autores

Evaporación: para el análisis de los valores mensuales de evaporación, la Grafica 5-4 indica los valores más altos en los meses de enero, febrero, marzo y septiembre; esto es relacionado inversamente con la humedad relativa debido a que si se tiene un porcentaje de humedad relativa mayor (saturación de vapor de agua en el aire), menos capacidad tendrá que evaporar. Los meses de menor evaporación son: abril, noviembre y diciembre considerados meses lluviosos.

Gráfica 5-4. Evaporación



Fuente: autores

- Vegetación

Madrid divide su municipio en dos Orobiomas: el oribioma andino cordillera oriental, el cual presenta formaciones vegetales de Bosque Andino Bajo y Bosque AltoAndino y el Orobioma azonal andino altiplano cundiboyacense, los cuales abarcan el Matorral montano deciduo degradado o Matorrales xerofíticos andinos y Altoandinos.

El bosque bajo presentan desde los 2500 hasta los 2800 msnm, se encuentran precipitaciones entre los 600 y 1200 mm y temperaturas con aproximación a los 13°C [38], a su vez, tienen subtipos como planicies en donde se desarrolló las principales actividades económica del municipio que son la agricultura y ganadera, también presenta Bosques de cerros interiores y exteriores. Predominan principalmente árboles como son las encinas y en menor medida los arboles alcornocales, finalmente la vegetación está marcadamente escalonada como consecuencia de las variaciones climáticas [37].

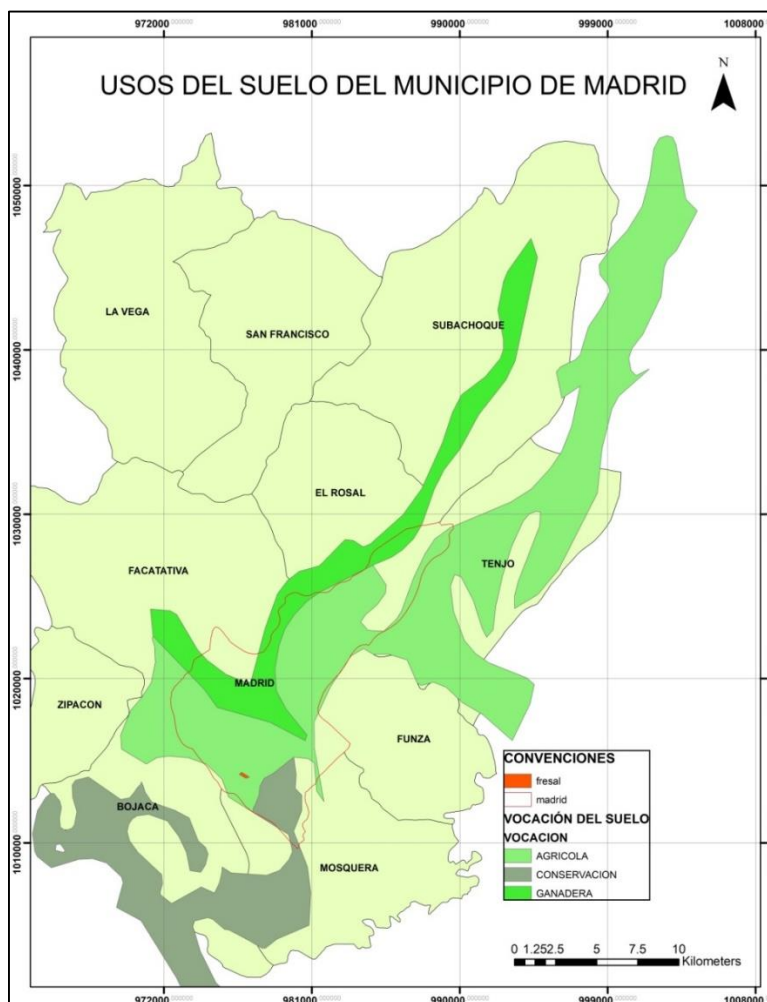
El Bosque Andino Alto se encuentra entre los 2700 a 3500 msnm y con temperaturas entre los 12 y 17,5 se encuentra el Bosque Alto Andino, se identifican por tener estratos de árboles y arbustos entre los tres y ochos metros, presenta en su mayoría robledales y bosques de niebla que al ser bastante húmedos presenta gran variedad de musgo y helechos [39].

Por último, los matorrales xerofíticos Andinos y Alto andinos se encuentra presentes entre altitudes entre 2500 y 3000 msnm con precipitaciones entre 500 y 900 mm y temperaturas aproximadamente de 12°C [40]. Son pequeño ecosistemas semiáridos que se encuentran específicamente en la laguna La Herrera, con formaciones vegetales como herbáceas de oqueales, líquenes y algas.

- Usos del suelo

La figura 5-1, ilustra el mapa de usos del suelo del municipio elaborado a partir de la base de datos del Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial (SIGOT), este cuenta con tres principales usos del suelo: uso agrícola, ganadero y zonas de conservación.

Figura 5-1. Usos del suelo del municipio de Madrid



Fuente: autores

Agricultura: en el sector agrícola del municipio se encuentran principalmente cultivos transitorios semi-intensivos, estos son tierras con pendientes de aproximadamente 25 % de inclinación que presentan limitaciones por la distribución de las lluvias a lo largo del año, por lo cual requieren de implementación de sistemas de riego y drenajes para suplir las necesidades hídricas [41], además de una intensificación en las prácticas de conservación del suelo.

El cultivo de flores es el que mayor impacto socioeconómico presenta el municipio con un 58% del producto agrícola, el resto del sector agrícola se distribuye en legumbres raíces y tubérculos y menor proporción los frutales y las hierbas aromáticas [3].

Ganadería: el suelo utilizado para la ganadería presenta relieves de planos a ondulados con pendientes que no superan el 25% de inclinación; su uso principal es el de pastoreo intensivo y semi-intensivo, haciendo un máximo uso del recurso en periodos bastantes cortos, las limitaciones que pueden traer consigo, están relacionadas con la pedregrosidad en la superficie y suelos de baja fertilidad, por lo que se requiere buenas prácticas de fertilización.

Conservación: el suelo de conservación son tierras muy frágiles con relieves entre moderados a muy fuertemente escarpado, poseen pendientes superiores al 50% de inclinación; estos suelos se caracterizan por su baja profundidad efectiva, presencia de afloramiento rocoso y procesos de erosión activos.

- Orografía y edafología

El municipio de Madrid es conformado por el 84% de su territorio plano, con una pendiente de entre 0% y 1%, el restante 16% es conformado por territorio montañoso, el cerro Casablanca y La Punta, ubicados al sur-oriental y nor-occidental respectivamente superando los 2796 m.s.n.m con pendientes de 15% a 25% [11]. Es por ello que fisiográficamente se distinguen dos tipos de paisajes constituidos por un relieve colinado fluvio-erosional y una altiplanicie estructural fluvio-lacustre.

Según el estudio general de suelos y zonificación del departamento de Cundinamarca la finca de estudio está ubicada en una zona con características de un relieve ligeramente plano a ligeramente inclinado, con pendientes a 1-7%, suelos profundos a superficiales, pobres a moderadamente bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas, reacción extremadamente ácida a neutra, saturación de aluminio media a baja y fertilidad moderada.

Las terrazas presentes en el paisaje de planicie se encuentran entre 2000 y 3000 m.s.n.m, el clima es frío y seco, con temperatura de 12°C y 18°C y una precipitación anual promedio de 500 y 1000 mm.

Forma parte de las terrazas de la planicie fluvio lacustre donde el material parental lo constituyen depósitos clásticos hidrogenicos y presentando en sus suelos una evolución baja a moderada.

Los suelos originales que son posibles encontrar en el área de estudio son Inceptisoles, Andisoles y Alfisoles.

Inceptisoles: asocia los suelos cuyos horizontes subsuperficiales están aún desarrollándose debido a que son relativamente jóvenes y se encuentran todavía en evolución; este tipo de suelo se desarrolla en cualquier tipo de clima a excepción de zonas en donde las condiciones son áridas, así mismo, las condiciones de drenaje pueden variar dependiendo de la zona, por lo que la vegetación que se encuentra en estos suelos son ecosistemas forestales, terreno agrícola y praderas, ecosistemas que se encuentran incluidos en la zona de estudio [42].

Andisoles: son suelos que se formaron a partir de material piroclástico, es decir, depósitos de material que se situaron a lo largo de una erupción en el suelo, estos suelen darse en cualquier tipo de humedad y temperatura del suelo; el clima de la zona es fundamental en la formación de estos suelos ya las condiciones climáticas tienen una influencia directa en la meteorización de los materiales volcánicos del mismo, la precipitación influye directamente en la formación de horizontes definidos en el perfil del suelo, mientras que, la temperatura determina la velocidad de las reacciones químicas, en la evapotranspiración y en la vegetación existente. Son utilizados como aprovechamientos frutícolas. [43]

Alfisoles: son suelos en los cuales predominan el Aluminio (Al) y el Hierro (Fe), presentan pH ligeramente ácido y un alto porcentaje de saturación de bases (> 35%), con una acumulación de arcilla en un horizonte subsuperficial y relacionado con un horizonte superior con poca materia orgánica o de poco espesor; se encuentran generalmente en regiones templadas (de 0°C a 22°C), con pendientes pronunciadas y un buen drenaje o en zonas planas con escaso drenaje como los pastos o praderas.

- Hidrogeología y abastecimiento de agua en el municipio

Madrid se considera un municipio agrónomo debido a que sus principales actividades económicas están relacionadas con el laboreo del suelo, la agricultura y ganadería, no obstante, a lo largo del tiempo, el sector industrial ha tenido un crecimiento que ha generado que el municipio evolucione y se desarrolle más rápidamente y así mismo una mayor demanda de los recursos naturales como en este caso el agua [44].

La Empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de Madrid (EAAAM E.S.P), presenta una cobertura de acueducto del 99,9% en la cabecera municipal, en los centros poblados una cobertura del 93,7% y en la zona rural dispersa del 75,1% logrando una cobertura total de 98,9%, con una continuidad del servicio de 24 horas y sin ningún tipo de riesgo en la calidad del agua según el nivel IRCA (Índice de riesgo de la calidad del agua) [45], sin embargo, las fuentes de abastecimiento de la EAAAM E.S.P no son suficientes para abastecer la demanda y permitir la continuidad del servicio, por lo que se manejan dos sistemas de abastecimiento, por un lado la compra de agua en bloque a la Empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá y por otro lado se abastece del acuífero.

Para el año 2012 cerca del 40% del abastecimiento del municipio era gracias a la compra de agua en bloque [46], este valor ha ido en aumento ya que para el periodo del año 2015 al 2016 el promedio pasó de 56,35% a 71,89%, aspecto que implicó mayores costos en la prestación del servicio [47].

Como se mencionó anteriormente la EAAAM E.S.P. cuenta con fuentes propias de abastecimiento extrayendo agua del grupo formación Guadalupe siendo este un acuífero regional, discontinuo, libre a confinado, consolidado, con permeabilidades regulares a altas, con espesor saturado alto y buena a regular calidad del agua [48]. Esta extracción se hace por medio de 4 pozos profundos, el pozo N° 8, pozo Sosiego, pozo Chauta y el pozo La Cuesta [49], representando para el 2016 cerca del 30% del abastecimiento de agua potable del municipio [47].

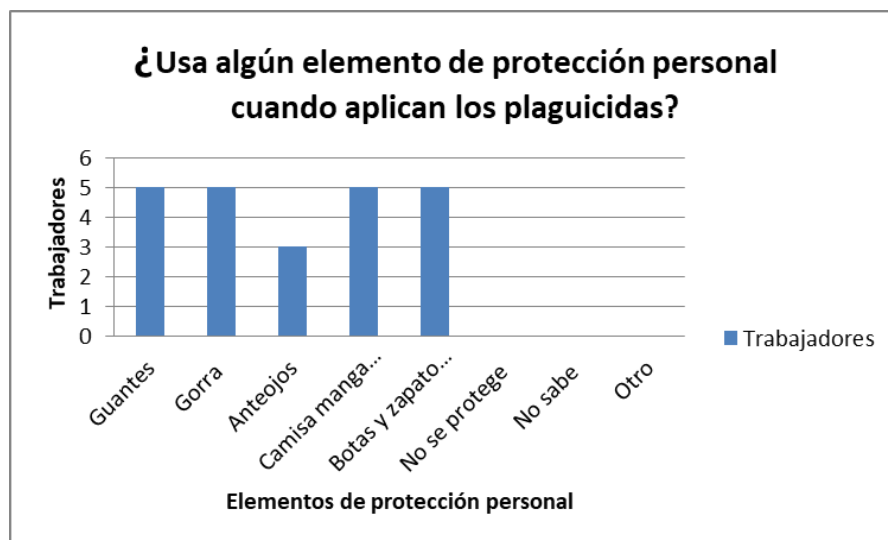
5.2.2. Caracterización del escenario de exposición

Para el instrumento de recolección de información de los trabajadores, los datos que se presentan se refieren al total de 6 personas incluyendo al dueño de la finca, toda la población encuestada eran hombres con promedio de edad de 28,3 años (entre los 17 a los 42 años) y el periodo del tiempo en que han trabajado en la finca oscila entre 1 mes a 10 años, los dos instrumentos de recolección y los resultados del sondeo se pueden apreciar en el Anexo C. *Instrumentos de recolección y tablas de frecuencia*.

Todos manifiestan tener todos los elementos de protección a la hora de aplicar el plaguicida, a excepción de dos personas que no utilizan anteojos, los resultados y los

elementos personales más utilizados se encuentran en la gráfica 5-5; así mismo, todos indican lavar estos implementos por separado, después de cada fumigación.

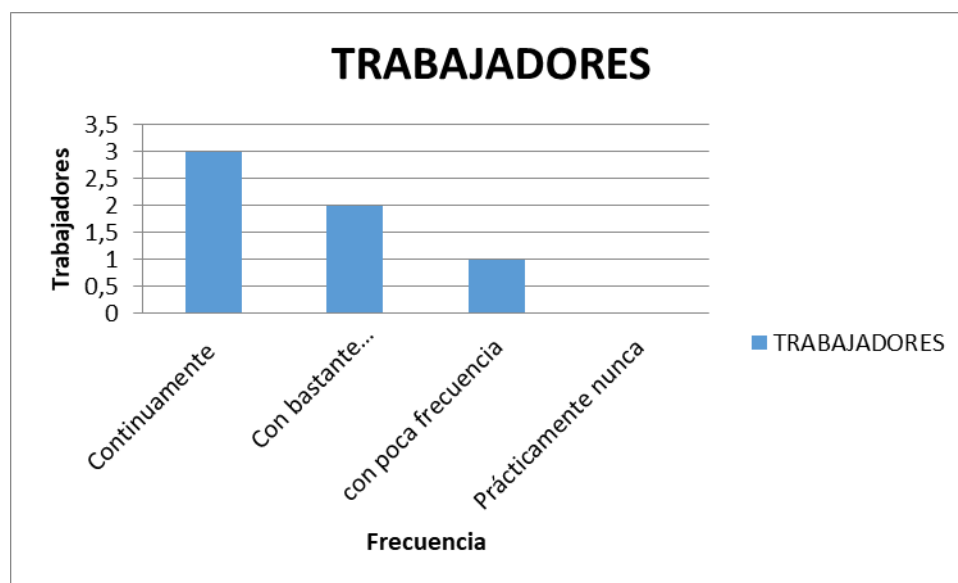
Gráfica 5-5. Elementos de protección personal



Fuente: autores

Según la gráfica 5-6 solo una persona tiene baja frecuencia a la hora de mezclar o preparar el plaguicida, es decir que el 83% de los trabajadores están directamente relacionados con el agroquímico.

Gráfica 5-6.Frecuencia de preparación de plaguicida



Fuente: autores

Los trabajadores manifiestan que la mezcla del agroquímico es realizada directamente en la finca y allí mismo se lavan los equipos que son empleados, las aguas residuales que salen del lavado no reciben algún tipo de tratamiento y los empaque y frascos de plaguicidas son recolectados por un carro para su posterior gestión. Adicionalmente en su mayoría no han recibido capacitación sobre el manejo y gestión de los plaguicidas, sus residuos y envases y por lo tanto, tampoco saben cómo actuar ante una emergencia que involucre un derrame o una intoxicación con sustancias químicas. En su mayoría, los trabajadores afirman el consumo de fresa diaria en sus hogares.

En cuanto a la posibilidad de afectaciones en la salud, el 67% de los trabajadores indicaron que ellos o algún miembro de su familia presentaron síntomas en las últimas dos semanas, las personas afectadas oscilaban entre los 14 a 60 años de edad y presentaban principalmente síntomas generales como debilidad, problemas en el sistema respiratorio como estornudos y congestión nasal y problemas en el sistema digestivo, como diarreas. Finalmente se preguntó si en los últimos 5 años algún miembro del hogar había sido diagnosticado por cáncer, a lo que el 33% afirmó que sí, presentándose un caso de cáncer de pulmón y otro no identificado.

Por otro lado, en cuanto al instrumento de recolección de información de la familia que vive en la finca, la persona encuestada indicó que 4 personas son miembros de este hogar: 2 adultos y dos niños, quienes llevan en el lugar aproximadamente 11 años; consumen de la fresa una vez por semana. En cuanto a los servicios del hogar, específicamente agua potable y saneamiento básico manifestó que la fuente principal que utilizan en el hogar es el acueducto público, sin embargo, muchas veces esta presenta un olor fuerte a cloro, el agua de consumo es comprada y cuando se presentan cortes utilizan agua almacenada proveniente del servicio público, siendo estos cortes, escasos. Por otra parte, el servicio sanitario del hogar es de uso personal y comercial, ya que los trabajadores de la finca disponen también de este.

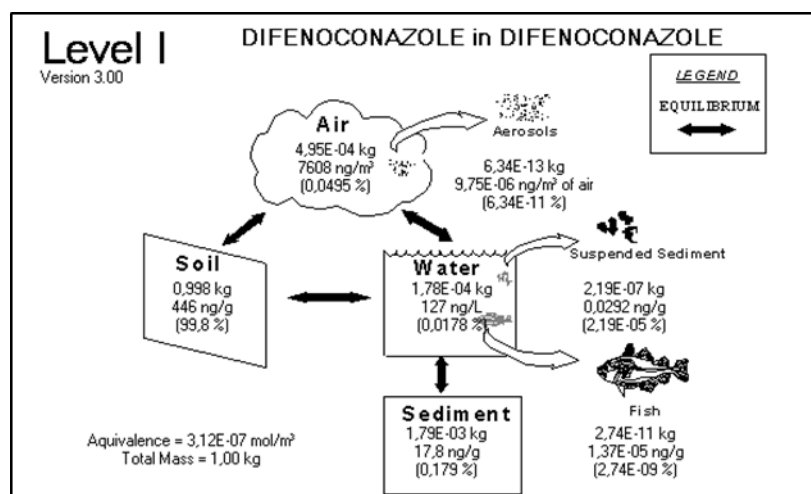
En cuanto a la gestión de residuos los principales residuos que se generan son medicamentos y/o fármacos, lámparas y/o bombillas y envases de productos domésticos, así mismo, los productos químicos que más emplean son los de limpieza como detergentes, alcohol, cloro y jabones, sin presencia de algún tipo de plaguicida; estos residuos son desechados en el recipiente de basura ordinaria y posteriormente son quemados.

Finalmente, para la posibilidad de afectaciones en la salud se preguntó si en las últimas 2 semanas ellos o algún miembro de su familia presentaron síntomas que indiquen que su salud fue alterada y si en los últimos 5 años algún miembro del hogar había sido diagnosticado por cáncer, las dos respuestas fueron contestadas negativamente, sin embargo, manifestó que los niños con el tiempo han presentado alergias a los insectos y han presentado hongos.

- Rutas de exposición

La ruta de exposición indirecta distribuida en el medio (agua, aire, suelo) se presenta en la Figura 5-2, evidenciando a través de una modelación en el programa ACTS Level I la distribución entre fases del contaminante en equilibrio de acuerdo a un balance de masas entre los medios, se determinó que la mayor concentración de difenoconazol se encuentra en el suelo y no hay gran presencia del mismo en los medios, agua y aire. Cabe aclarar que este se entiende como un caso artificial ya que no considera pérdidas por otros fenómenos.

Figura 5-2. Modelación del difenoconazol en el medio



Fuente: [21]

A partir de las pruebas para Andisoles se descartó la posibilidad de que el suelo fuera Andisol ya que se evidenció pocas cenizas volcánicas en los tres tipos de horizontes, así mismo, se descartó la idea de que fuera un alfisol por las condiciones meteorológicas y geológicas que presenta la finca piloto, por lo que este fue clasificado como un inceptisol presentando la siguiente caracterización tipo (Tabla 5-6):

Tabla 5-6. Perfil de suelo

Taxonomía: Humic Dystrustepts		
Símbolo: Rmra		
Localización geográfica	Departamento: Cundinamarca	Municipio: Madrid
Sitio: vereda La Estancia		
Altitud: 2570 mm		
Coordenadas geográficas	Latitud: 4°43'23'	Altitud: 74°17'2'
Paisaje: Montañoso		Tipo de relieve: planicie fluviolacruste
Relieve: llanura aluvial R. Bogotá		Pendiente: plana (0-3%)
Material Parental: sedimentos aluviales		
Clima ambiental: frío y húmedo		
Precipitación promedio anual: 582,2 mm		
Temperatura promedio anual: 14°C		
Clima edáfico: udico		
Drenajes	Pobre a moderadamente	
Uso actual: agrónomo (cultivo de fresas)		
Vegetación natural: no hay		

Fuente: autores

Tabla 5-7. Descripción del perfil de suelo

0-20 cm A	Color en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) textura franco limosa, estructura en bloques sub-angulares, finos a medios; consistencia en húmedo friable, en mojado no pegajosa y no plástica, abundante actividad de macroorganismos; abundantes raíces finas y medias; pH: 6,5.
20-60 cm B	Color en húmedo pardo amarillento (10YR 5/6) textura franco limosa, sin estructura; consistencia en húmedo dura, en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica, sin actividad de macroorganismos; pH: 6.
60-X cm C	Color en húmedo gris verdoso claro (10YR 5/6) textura limo arcilloso, sin estructura; moleado abundante, fluctuación del nivel freático, sin actividad de macroorganismos; pH: 5,5.

Fuente: autores

Según la caracterización enviada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, se presentan en la Tabla 5-8 los siguientes porcentajes en la clasificación de arena, limo y arcilla:

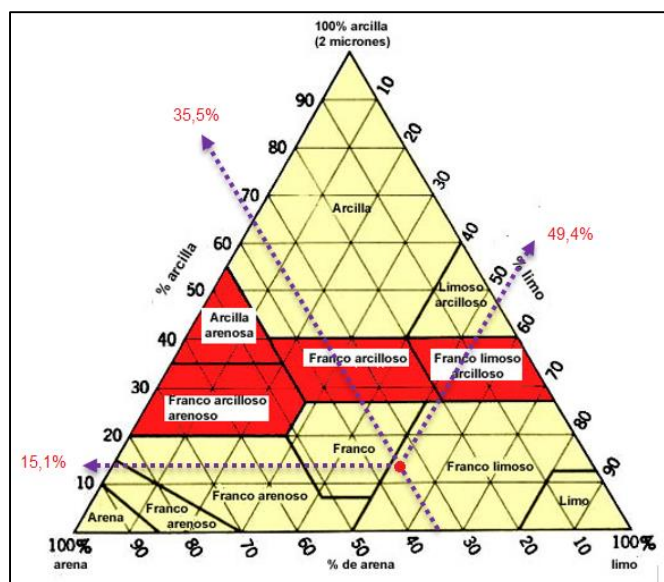
Tabla 5-8. Granulometría del suelo

Granulometría		
Arena %	Limo %	Arcilla %
35,5 %	49,4	15,1

Fuente: Autores con base a los resultados del IGAC

Según el diagrama triangular (Figura 5-3) de las clases texturales básicas del suelo, el terreno de la finca piloto se encuentra en la clasificación como franco limoso, estos tipos están catalogados como suelos de textura media debido a que son los que no predomina claramente ninguno de los tres tipos de partículas [50].

Figura 5-3. Diagrama triangular textural



Fuente: Tomado y modificado del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)

Sin embargo, cabe resaltar que, según los resultados obtenidos por el IGAC, la muestra no disperso apropiadamente, por lo que el porcentaje de arcilla podría ser mayor.

Los resultados de las características químicas se presentan en la tabla 5-9:

Tabla 5-9. Resultados de las características químicas del suelo

pH	Carbono total (%)	Fósforo disponible (mg/kg)	Complejo de cambio (cmol/ kg)						S.B. (%)
			CIC	Ca	Mg	K	Na	B.T.	
6,38	3,66	12,24	40,169	3,75	1,98	0,51	0,080	6,32	15,73

Fuente: Autores con base a los resultados del IGAC

Se tomó un valor teórico de 5% de carbón orgánico y 8,6% de materia orgánica [51]

Las consideraciones generales para interpretar el análisis químico del suelo se puede visualizar en el Anexo D. *Consideraciones generales para interpretar el análisis químico del suelo.*

Para la movilización del plaguicida en las columnas de lixiviación durante las tres semanas se obtuvo un volumen de 205 ml para blanco y 103 ml para plaguicida lo que determinó muy poca infiltración de la muestra, los resultados fueron rectificadas a través del equipo de infiltración en dos puntos diferentes en campo, dando como resultado la siguiente tabla 5-10:

Tabla 5-10. Resultados infiltrómetro

Tiempo (S)	Volumen (ml)	
	Punto A	Punto B
0	-	-
30	1	1
60	1	1
90	-	1
120	1	-
150	-	1
180	-	-
210	1	1
230	-	-
270	-	-
300	-	1
Promedio	4 ml	8 ml

Fuente: Autores

El caudal de infiltración promedio es de 0,0165 ml/s

La tabla 5-11 presenta un resumen de los resultados de las características de densidad real y aparente, porosidad, humedad y compactación del suelo.

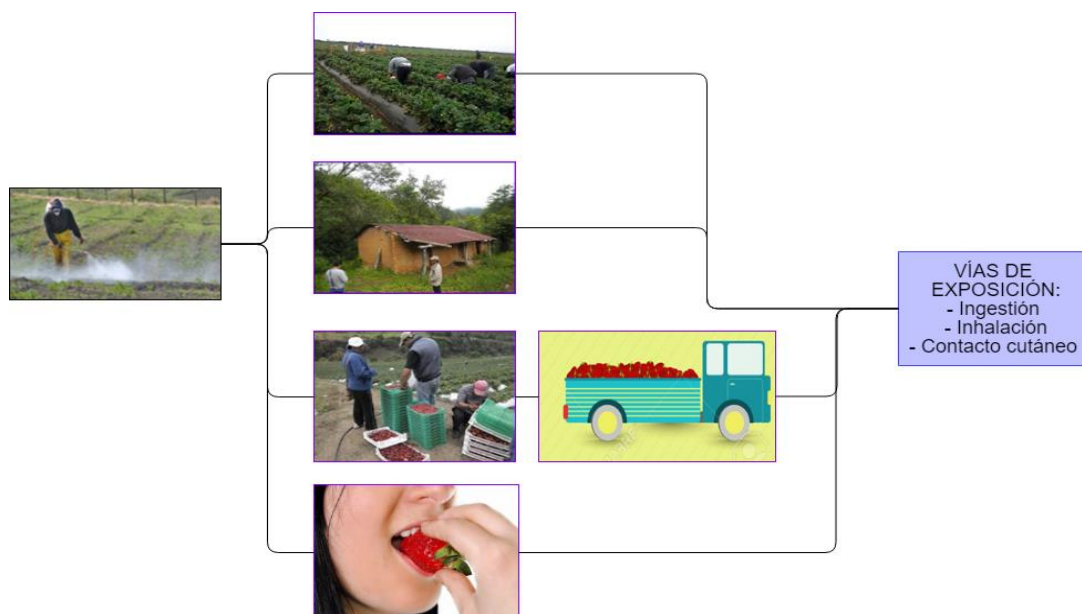
Tabla 5-11. Resultados pruebas físicas

Densidad Real (g/cm^3)	Densidad Aparente (g/cm^3)	Porosidad (%)	Humedad (%)	Compactación (Psi)
2,0	1, 62	19	53,94	44,2

Fuente: Autores

La ruta directa implica la interacción del suelo con la fresa en todo su proceso de reproducción, la cosecha, su exportación y finalmente el consumo; el plaguicida es aplicado directamente sobre el suelo lo que facilita su entrada y su persistencia al medio, debido a que presenta una tasa de degradación en suelo baja, el difenoconazol puede bioacumularse en el suelo, donde llega a ser absorbido directamente por las partes verdes del cultivo, evitando su lixiviación por aguas lluvia [21] en la Figura 5-4 se puede observar la ruta de exposición del agroquímico en estudio:

Figura 5-4. Ruta de exposición directa



Fuente: Autores

5.3. Cuantificación de la exposición

Los valores de identificación de peligro fueron utilizados para la cuantificación de la exposición además de los datos obtenidos a partir del instrumento de recolección, los cuales se presentan a continuación en la Tabla 5-12:

Tabla 5-12. Resultados para la cuantificación de la dosis suministrada

Variables	Trabajadores	Familia
Tasa de contacto(Kg/día)	30	30
Frecuencia (Días)	0,16	0,08
Masa Corporal (Kg)	65,6	58

Fuente: Autores

5.4. Estimación del riesgo

La tabla 5-13 resume los valores obtenidos para el nivel de riesgo, teniendo en cuenta la dosis suministrada de la sustancia en estudio:

Tabla 5-13. Resultados obtenido para nivel de riesgo

	Dosis suministrada (mg/(kg*día))		Dosis de Referencia(mg/(kg*día))		Riesgo	
	Trabajadores	Familia	Trabajadores	Familia	Trabajadores	Familia
Blanco	136,04	41,68	2	2	68,02	20,84
Tratamiento	181,99	55,79			90,99	27,89
Valor de referencia	3,27	0,87			1,63	0,43

Fuente: Autores

Análisis de resultados

De acuerdo a las concentraciones de DQO presentes en las muestras de lixiviado y su relación con los límites permisibles de exposición establecidos en la Comisión Europea y para la Dosis Letal 50 por inhalación en ratas (OMS), se determinó que existe un riesgo ya que el estudio presenta valores muy altos de concentraciones (898 mg/l para el blanco y 1253 mg/l para el tratamiento) que sobrepasan el valor estándar de 3 mg/kg y 3 mg/l respectivamente; sin embargo, estos valores no llegan a sobrepasar los valores de dosis letal dermal y oral en ratas, ni el valor de ingrediente activo que puede presentar el suelo.

Los valores de DQO obtenidos a partir de la metodología TCLP, son el resultado del escenario de exposición en el que se encuentra la finca piloto, puesto que al realizar la caracterización del suelo se pudo evidenciar un suelo inceptisol con drenajes pobres, lo que implica que el agua se acumuló por periodos largos; a partir de la tabla de Munsell se evidenció colores amarillentos y grises que rectifican que el drenaje tiene una mayor lentitud y que el suelo se encuentra saturado casi en forma permanente; adicionalmente por observación en campo se identificaron fluctuaciones en el nivel freático, encontrándolo en la caracterización a 80 cm con respecto a la superficie, su textura franco limosa con falta de estructura está relacionada con la poca evolución que presenta el suelo, con materiales ubicados bajo condiciones ambientales desfavorables como la inundación [52], esto y la baja solubilidad que presenta el difenoconazol hacen que la percolación y la presencia de la sustancia en aguas subterráneas sea muy baja y tenga una alta probabilidad de que se concentre de manera superficial [36].

Otros factores físicos del suelo como: la porosidad, la humedad, la infiltración y la compactación, también determinan la movilidad de la sustancia problema; el suelo presenta una porosidad del 19% la cual se encuentra catalogada como muy baja, por lo que infiere una compactación, esto se debe a que en la mayoría de veces los suelos bajo sistemas de producción agrícola intensiva tienden a compactarse, reduciendo su porosidad y haciendo que pierda parte de su potencial de producción. Así mismo, el suelo presenta un nivel de compactación alto ya que el valor de densidad aparente para climas fríos se considera menor a uno [52] y los resultados obtenidos superan los niveles de referencia. Al realizar las pruebas de compactación del suelo a través del penetrómetro se evidenció que el nivel de solidez es estable, debido a que la prueba fue realizada en la capa superficial, lo que permite inferir que la compactación del suelo comienza a una profundidad mayor a los 10 cm.

El valor de compactación incide en los resultados arrojados de infiltración realizada en campo y en las columnas para determinar el potencial de lixiviación en condiciones de laboratorio controladas; el lixiviado permite evaluar el movimiento de una sustancia en el suelo, ya que el plaguicida tiende a desplazarse con el agua y percolarse a través del perfil alcanzando las capas más profundas, pudiendo afectar las aguas subterráneas y/o acuíferos presentes en la zona que resultarían contaminados por estas sustancias; sin embargo, después de varias semanas el volumen de lixiviación que llegaba a los 100 cm de las columnas era demasiado escaso y la simulación de precipitación y de la aplicación

del plaguicida se saturaba en la parte superior de la columna, por lo que no había movimiento dentro de esta, rectificando los resultados con el infiltrómetro en campo ya que durante los 5 minutos de muestreo, fue muy poca la decantación de agua y después de estos dejaba de infiltrar en el suelo.

Lo anterior se debe a factores como son los tipos de poros finos que a su vez tienden a ser por las texturas finas o por el poco desarrollo estructural que la finca piloto presenta, así mismo, el suelo presentó una humedad de 54%, es decir, que la muestra retenía más de la mitad de agua y a mayor contenido de humedad menor será la velocidad de infiltración; de igual forma otro factor que incide de manera significativa en las tasas de infiltración es el sellamiento superficial que es la formación de una capa fina y compacta sobre la superficie del suelo, debido a la acción corrosiva de las lluvias, el flujo de agua por la superficie o el riego por aspersión, donde las partículas finas son fijadas alrededor de las partículas mayores formando una capa impermeable [53].

Los resultados obtenidos de las características químicas del suelo determinaron un pH neutro, con baja concentración en fósforo, alta para el complejo de cambio (cmol/kg) y porcentaje bajo de saturación de bases; el fósforo y la saturación de bases indican una baja reserva de nutrientes además de la posibilidad de que el fósforo, se está extrayendo directamente de la reserva del suelo hasta volverse el fósforo un factor limitante, sin embargo, en la caracterización visual, no se evidenciaron las hojas delgadas, erectas o con nervaduras poco pronunciadas; tampoco se identificó en las hojas tonos pardos rojizos, necrosas o que cayeran precozmente, por lo que su deficiencia se debe inicialmente a la compactación del suelo, las bajas temperaturas, el exceso de humedad o bajas concentraciones de materia orgánica [14].

El complejo de cambio es la parte del suelo que posee la capacidad de absorber e intercambiar iones entre sí; la capacidad de intercambio catiónico CIC, como su nombre lo indica, representa la cantidad de cationes que la superficie puede retener como K, Ca, Mg, Na en la arcilla, materia orgánica y sustancias húmicas [53]. Los valores que se presenta de los cationes se encuentran en concentraciones normales, sin embargo, la capacidad de intercambio catiónico es considerada alta, según los rangos que maneja el IGAC, así mismo, teóricamente se presentan evidencia de que la zona presenta de mediana a alta capacidad de intercambio catiónico.

En cuanto a la estimación del riesgo, tanto el blanco (68,02 mg/ (kg*día) en trabajadores y 20,84 mg/(kg*día) en la familia) como el tratamiento (90,99 mg/(kg*día) en trabajadores y 27,89 mg/(kg*día) en la familia) generan un riesgo para las dos poblaciones que se encuentran en el área de influencia, esto se debe a que los valores obtenidos de DQO del lixiviado del suelo son demasiados altos. Al realizar el cálculo con la dosis de referencia del difenoconazol que se implementó para estimar el riesgo por el consumo de fresa, solo los agricultores presentaron un riesgo de 1,63 mg/ (kg*día).

La exposición extra laboral a los plaguicidas en las actividades normales del hogar fue mínima, no se presentaba algún plaguicida dentro del hogar, ni contacto con alguno de la zona de almacenamiento, cumpliendo con lo dispuesto en la legislación vigente para el almacenamiento de plaguicidas [54], sin embargo, el servicio sanitario del hogar y el lavadero son utilizados por los trabajadores y las personas que habitan en la vivienda, por lo que podría aumentar el riesgo en la familia, ya que este medio es un modo de transmisión para que el agente causal incida sobre ellos.

Se observó que los trabajadores son los más afectados, incidiendo principalmente las variables del tiempo de exposición al difenoconazol, ya que el 83% de los trabajadores están relacionados con el manejo de la sustancia, sin haber recibido capacitación sobre el manejo y gestión de los plaguicidas, sus residuos y envases y por lo tanto, tampoco saben cómo actuar ante una emergencia que involucre un derrame o una intoxicación con sustancias químicas, lo que genera el aumento de este riesgo. No presentan horarios de rotación para el oficio y las horas de fumigación al día pueden variar de 4 a 8 horas por lo que es posible explicar la estimación de riesgo alto; sin embargo, no existen parámetros establecidos a nivel nacional con relación al tiempo de duración de los periodos de rotación.

La población trabajadora se ve afectada principalmente cuando el medio en donde se encuentra el plaguicida entra en contacto a través de las vías de exposición: por ingestión, inhalación y el contacto dermal. Al aplicar el plaguicida, la puerta de entrada al cuerpo es a través de la vía dermal e inhalatoria, en la recolección y el transporte de la cosecha, el agente causal entra en contacto por la vía dermal y por ingestión al ser consumida.

La mayoría de los trabajadores se cambian la ropa luego de terminar su jornada y sus hábitos de higiene refieren que todos lavan su ropa de trabajo en la casa y por separado, lo que genera que la entrada al cuerpo tenga una baja probabilidad por la vía dermal e inhalatoria, no obstante, se observó que ingieren alimentos mientras trabajan sin realizar el lavado de manos antes de ingerirlos; un estudio sobre la evaluación de riesgo en humanos por plaguicidas en tomate cultivado con sistema tradicional y otro con buenas prácticas agrícolas [55] determinó que si existe una diferencia significativa entre los dos sistemas de cultivo aun cuando no se supera los niveles de riesgo, situación que podría ser una oportunidad de mejora para los agricultores.

En cuanto a la posibilidad de afectaciones en la salud, el 67% de los trabajadores indicaron que ellos o algún miembro de su familia presentaron síntomas en las últimas dos semanas, las personas afectadas oscilaban entre los 14 a 60 años de edad y presentaban principalmente síntomas generales como debilidad, problemas en el sistema respiratorio como estornudos, congestión nasal y problemas en el sistema digestivo, como diarreas, además de dos tipos de cáncer que no se relacionan con los principales identificados por la EPA en los estudios cancerígenos en ratas [19].

Esta exposición al difenoconazol y otros plaguicidas pueden causar problemas en la salud tanto para la familia presente en la finca como para los trabajadores, debido a que estos son aplicados directamente a las plantas y en muchas ocasiones no se degradan completamente después de su aplicación, sus metabolitos y algunas formas inalteradas de dichos compuestos son excretados y subsecuentemente introducidos en el ambiente [56], así mismo el difenoconazol tiene vida media corta, una bioacumulación más baja que los plaguicidas organoclorados y posibles efectos perjudiciales para el ecosistema y para la población [57], no obstante, los patrones de comportamiento de los trabajadores como la implementación de los elementos de protección necesarios o un lavado del fruto a la hora de consumirla son necesarios para disminuir el riesgo.

Impacto social

El municipio de Madrid se basa inicialmente en el sector industrial y el agropecuario, siendo este último de mayor relevancia debido a que presenta una mayor zonal rural que urbana; este ocupa el primer lugar a nivel departamental en el componente agrícola logrando el 15,8% de valor agregado [11], igualmente, es líder en variedad de productos a nivel nacional, particularmente en la producción de alimentos. Es por ello que es indispensable realizar control de plagas en los cultivos, para que su calidad no se vea afectada, sin embargo, las condiciones del suelo, el uso excesivo o un mal manejo de agroquímicos para erradicar dichas plagas pueden causar una problemática tanto al medio como afectaciones en la salud de los agricultores, las familias que residen en estos lugares y de las poblaciones que consumen los productos.

Es por esto que mediante el presente proyecto se realizó una evaluación de riesgo del grado de contaminación del suelo por plaguicidas con ingrediente activo difenoconazol en cultivo de fresa en Madrid Cundinamarca, Donde al realizar la estimación acerca de la exposición del plaguicida, se encontró un riesgo para 10 personas que se encuentran en el área de influencia y posiblemente para el consumidor del producto; aunque el difenoconazol está catalogado como poco peligroso, los resultados obtenidos, su exposición en pocas cantidades de forma repetitiva y las condiciones del suelo del lugar hacen que este traiga consigo efectos perjudiciales para las presentes y futuras generaciones.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

Según los resultados obtenidos en el laboratorio y la revisión bibliográfica realizada a lo largo de la investigación se puede concluir que:

- Al evaluar las concentraciones de DQO en el lixiviado del suelo del cultivo de fresas se puede establecer que el difenoconazol presenta valores por encima de los límites máximos residuales estipulados por la Comisión Europea y en la dosis letal 50 inhalatoria estipulada por la OMS, tanto en el blanco como en el tratamiento (955,31 mg/kg y 1278,57 mg/kg respectivamente), sin embargo no sobrepasan la dosis letal 50 dermal y oral en ratas estipulada por la OMS, ni tampoco la del ingrediente activo en el suelo.
- Se determinó que la mayor concentración de difenoconazol se encuentra en el suelo y no hay gran presencia del mismo en los medios agua y aire, esto se debe a las características que el ingrediente activo presenta, por su persistencia en el suelo y poca movilidad en este, su volatilización baja y al tener una vida media en el agua superficial de 5,8 días se considera poco persistente en este medio.
- De acuerdo a la simulación realizada con las columnas de lixiviación y con la caracterización tipo del suelo se observa que el suelo presenta características de un suelo poco evolucionado, con pocos nutrientes, con una gran compactación y poco drenaje que a su vez la baja solubilidad que presenta el difenoconazol hacen que la percolación, la movilidad y la presencia de la sustancia en aguas subterráneas tenga una probabilidad muy baja y un alta probabilidad de que la sustancia se esté concentrando de manera superficial.
- De acuerdo a las características químicas del suelo, se determinó una baja concentración en fósforo y porcentaje bajo de saturación de bases, indicando una baja reserva de nutrientes, además, de la posibilidad de que el fósforo se está extrayendo directamente de la reserva del suelo, sin embargo, en la caracterización visual no se evidenciaron las hojas delgadas, erectas o con nervaduras poco pronunciadas, tampoco tonos pardos rojizos, necrosas o que cayeran precozmente, por lo que su deficiencia se debe inicialmente a la compactación del suelo, las bajas temperaturas, el exceso de humedad o bajas concentraciones de materia orgánica.
- A partir de los resultados obtenidos para el nivel de riesgo del lixiviado, se establece que el difenoconazol representa un riesgo alto por toxicidad para los seres humanos. A pesar de que está clasificado como tipo III: poco peligroso, la concentración con la que se encuentra en el suelo son demasiado altas, generando un mayor cociente de peligrosidad o de riesgo para la población. Dicha concentración se debe a que plaguicidas con componente activo difenoconazol, son aplicados directamente sobre el suelo y al estar este tan compactado, no permite que se distribuya de la mejor forma sino que su concentración impacte solo en un punto.

- A partir del valor teórico de dosis de referencia del difenoconazol, utilizado para determinar el riesgo en la fresa, se estableció que este no se encuentra por encima de los valores establecidos por la normatividad, sin embargo, se genera un riesgo sobre los trabajadores principalmente por factores como la frecuencia de exposición al agroquímico.
- La población se ve afectada principalmente en el proceso de aplicación, recolección, distribución y consumo del producto debido a que son las actividades en donde el agroquímico entra en contacto con sus vías de exposición, sin embargo el uso de la protección personal, las buenas prácticas agrícolas y los lavados necesarios a la fruta, son puntos clave para que haya una disminución en el riesgo a presentar afectaciones a la salud humana.
- El riesgo al que se ve expuesta la finca piloto aumenta en la medida que no se tenga capacitación sobre el manejo y gestión de los plaguicidas, sus residuos y envases.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda la realización del análisis cromatográfico, mediante una cromatografía de alta eficiencia con el uso del cromatógrafo HPCL, el cual permite la identificación de las concentraciones presentes del plaguicida en las muestras del lixiviado.
- Para futuros estudios de toxicidad se recomienda estimar la concentración promedio específicamente en la fresa y así identificar la existencia o no de peligro en el producto, ya que esta es la ruta de exposición directa con la población.
- Se recomienda la realización de un protocolo para las medidas de manejo ambiental que se deben llevar a cabo en la implementación y el manejo de este plaguicida para la finca piloto.
- Se recomienda realizar pruebas de laboratorio para la cuantificación de materia orgánica, ya que es una variable importante debido a su alta afinidad para unirse con el difenoconazol.

**A. Anexo: Cálculo para la aplicación del
plaguicida y del ingrediente activo.**

- Cálculos para la aplicación del plaguicida

Con la información que fue suministrada por el dueño y el administrador de la finca, se realizaron los respectivos cálculos para la aplicación del plaguicida en el montaje experimental y en la identificación del peligro; la finca cuenta con 3,29 hectáreas de cultivo de fresa, a las cuales se le agregan 1 L del agroquímico por 200 L de agua, para el total de la finca requieren 1000 L de agua y por ende 5 L del agroquímico.

$$5 \text{ litros de agroquímico} \rightarrow 1000 \text{ litros de agua}$$

El área del montaje es de $0,0080 \text{ m}^2$ por lo que se tendría que agregar 0,0002435 L de solución.

$$3,29 \text{ hectáreas} = 32900 \text{ m}^2$$

$$32900 \text{ m}^2 \rightarrow 1000 \text{ litros}$$

$$0,0080 \text{ m}^2 \rightarrow 0,0002435 \text{ litros}$$

Debido a que la cantidad de solución es demasiado pequeña para el montaje experimental, se aplicó la metodología empleada por Delgado (2015) [57], que consiste en utilizar un volumen más pequeño del que se agrega en la finca para posteriormente realizar una extrapolación con los datos reales.

Realizando la conversión a mililitros se utilizó un volumen de solución de 301,5 ml para la aplicación en el montaje de las columnas, repartidos en 300 ml de agua destilada y 1,5 ml de plaguicida; al blanco se le aplicó la misma cantidad, pero solo de agua destilada, para las muestras en la identificación del peligro se realizó el mismo procedimiento, solo que se agregó 15 ml de solución, con el fin de que la muestra se pudiera tamizar y no quedara con demasiada solución.

$$1 \text{ litro de plaguicidas} \rightarrow 200 \text{ litros de agua}$$

$$0,0015 \text{ litros de plaguicidas} \rightarrow 0,3 \text{ litros de agua}$$

$$1,5 \text{ ml de plaguicida} + 300 \text{ ml de agua} = 301,5 \text{ ml de solución}$$

En total durante el tiempo del montaje se agregaron 904, 5 ml de solución y 45 ml de precipitación, para un total de 949,5 ml.

- Cálculos de la cantidad del ingrediente activo

Con los datos anteriores y teniendo en cuenta que la concentración inicial del plaguicida es de 250 g/l, se tiene que:

$$1,5 \text{ ml plaguicida} * 250 \frac{\text{g}}{\text{l}} \text{ difenoconazol} = 375 \frac{\text{ml} * \text{g}}{\text{l}}$$

$$\frac{375 \frac{\text{ml} * \text{g}}{\text{l}}}{300 \text{ ml de agua}} = 1,25 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

La concentración del ingrediente activo es de $1,25 \frac{g}{l}$ en los 1.5 ml de agroquímico

B. Anexo: Protocolo para la implementación de la metodología TCLP para constituyentes no volátiles

OBJETIVO

Determinar las características de toxicidad por lixiviación del ingrediente activo Difenconazol, a partir de un análisis practicado a una muestra del lixiviado o extracto del mismo obtenido bajo ciertas condiciones estándares.

ORIGEN DEL DIFENOCONAZOL

El difenoconazol es utilizado en fungicidas como ingrediente activo para el control de enfermedades en muchas frutas, verduras, cereales y otros cultivos de campo, hace parte del grupo químico triazol, siendo su origen sintético [58].

Sus características se presentan a continuación:

Tabla B-1. Características del difenoconazol

CARACTERÍSTICAS DEL DIFENOCONAZOL		
Fórmula molecular	C ₁₉ H ₁₇ Cl ₂ N ₃ O ₃	
Toxicidad	OMS: moderadamente peligroso III	EPA: Ligeramente tóxico
Solubilidad en agua	Baja	
Persistencia en el suelo	Extrema a mediana	
Volatilidad	No volátil	
Bioacumulación	Mediana	

Fuente: autores

EQUIPOS, MATERIALES

- **Unidad de filtración:** debe permitir la instalación de un filtro de fibra de vidrio con un diámetro mínimo de 47 mm. Es recomendable usar un portafiltros con una capacidad de aproximadamente 1,5 litros para filtros de 142 mm de diámetro.
- **Agitador rotatorio:** este debe permitir una rotación total de 30 + 2 r.p.m.
- **Recipientes de extracción:** son botellas que pueden tener un volumen mayor al de la mezcla que se va a extraer, pueden ser de diferentes materiales como vidrio o plástico.
- **Cauchos para las botellas:** Se utiliza para asegurar los recipientes de extracción a la cesta del agitador rotatorio.
- **Bomba:** se utiliza para realizar filtración al vacío
- **Medido de pH:** debe tener una exactitud de + 0.05 unidades de pH.
- **Balanza analítica:** debe tener una exactitud de + 0.01 gramos.
- **Filtro de fibra de vidrio:** deben ser de fibra de vidrio borosilicato y un tamaño de poros de 0.6 a 0.8 micrones (µm).
- **Vidrio de reloj:** con un diámetro adecuado para el diámetro del filtro que se utilice y para cubrir un Erlenmeyer.
- Filtro de papel
- Balón de separación de 500 ml
- Agitador magnético
- Probeta de 100 ml
- Erlenmeyer de 100 ml con tapón de caucho.
- Beaker de 500 ml
- Balón aforado de 1000 ml

- Pipeta de 10 ml y 1 ml
- Embudo
- Extran neutro: jabón para el lavado de materiales metálicos (equipo TCLP)

REACTIVOS

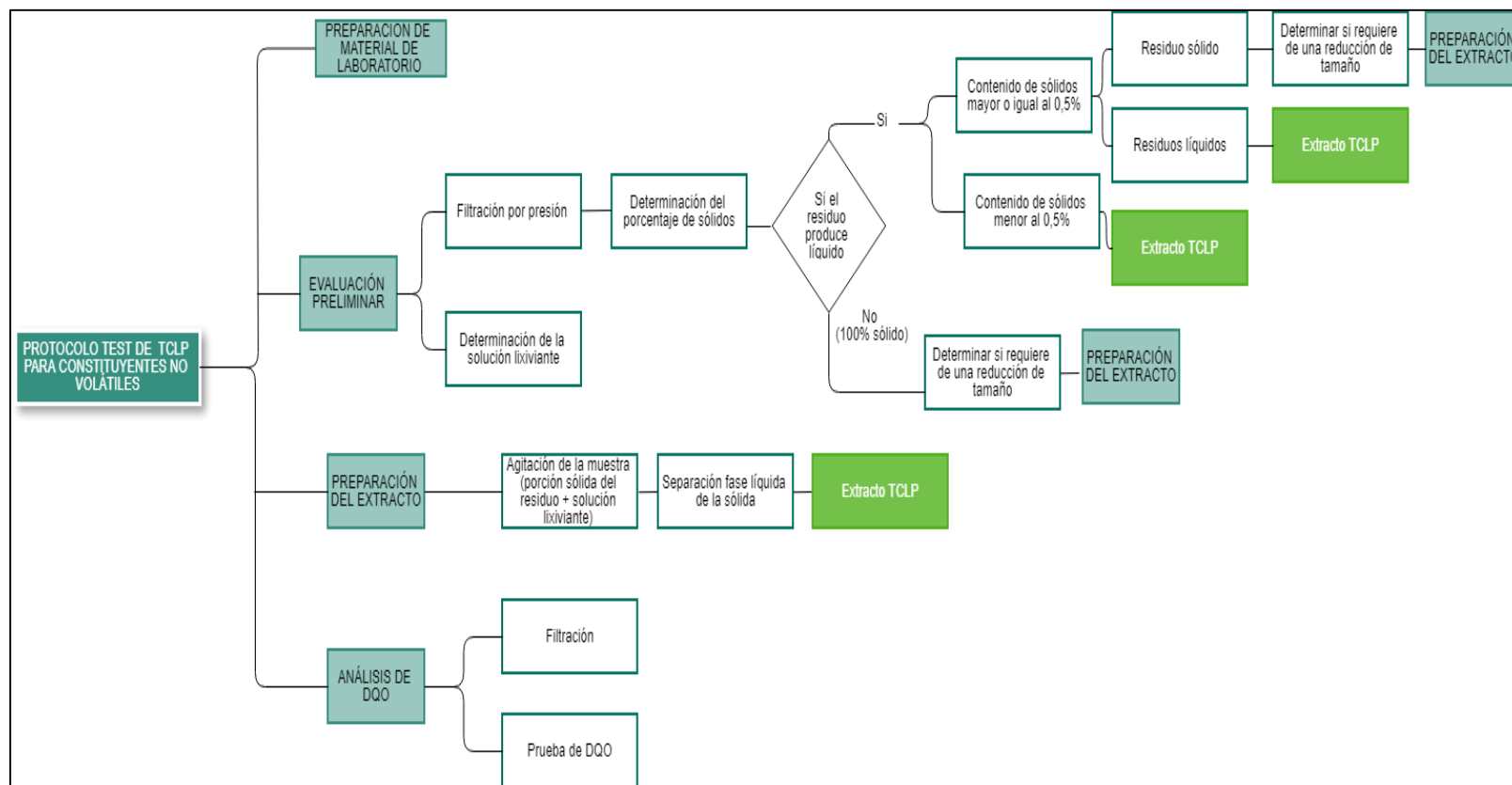
Tabla B-2. Reactivos

	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO
Solución sulfocrómica	➤ Dicromato de potasio ➤ Agua desionizada ➤ Ácido sulfúrico	Disolver 29.8 gramos de dicromato de potasio en 500 ml de agua desionizada, agitar con agitador magnético en un balón aforado de 1000 ml y agregar 100 ml de ácido sulfúrico en un baño frío, cerciorarse que el balón no se caliente y completar hasta aforar.
Solución lixivante #1	➤ Ácido acético, CH₃COOH ➤ Agua para análisis ➤ Hidróxido de sodio 1N, NaOH	Adicionar 5.7 ml de CH ₃ COOH a 500 ml de agua para análisis, añadir 64.3 ml de NaOH 1N, y diluir hasta 1 litro. La solución debe tener un pH de 4.93 ± 0.05 .
Solución lixivante #2	➤ Ácido acético, CH₃COOH ➤ Agua para análisis	Diluir 5.7 ml de CH ₃ COOH con agua para análisis hasta 1 litro. La solución debe tener un pH de 2.88 ± 0.05

Fuente: autores

PROCEDIMIENTO

Figura B-1. Diagrama del procedimiento del test de TCLP para constituyentes no volátiles



El protocolo para la implementación de la metodología TCLP se obtuvo a partir del método 1311, elaborado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) [33].

1.1 Preparación de material de laboratorio

Todos los materiales deben ser lavados antes de su utilización con el fin de evitar la contaminación de las muestras por algún material utilizado anteriormente.

- La unidad de filtración debe ser lavada con agua y jabón Extran neutro cada vez que se inicie un ensayo.
- Todos los equipos a utilizar deben ser lavados con agua y jabón y posteriormente con la solución sulfocrómica siendo esta retirada con agua destilada.

1.2 Evaluación preliminar

La evaluación preliminar considera la determinación de sólidos en el residuo, la consideración de reducir el tamaño de la muestra en su fase sólida y la definición del tipo de solución lixivante que será requerida para realizar la extracción.

- Se debe pesar alrededor de 120 gr de la muestra y consecutivamente transferirla a la unidad de filtración, cerrar la unidad con la tapa y con ayuda de una bomba generar presión progresivamente, dejando filtrar de 15 a 20 minutos; se define fase sólida al material que se retiene en el portafiltro y fase líquida, al líquido resultante del filtrado.
- Determinar el peso de la fase líquida restando el peso del recipiente filtrado al peso total del recipiente lleno de filtrado, así mismo determinar el peso de la fase sólida restando el peso de la fase líquida al peso total de la muestra de residuo y realizar el siguiente cálculo:

$$\text{Sólidos porcentuales} = \frac{\text{Peso del sólido}}{\text{Peso total del desecho}} * 100$$

- Si el residuo contiene un porcentaje < a 0,5%, la porción líquida se define como el extracto TCLP, si por el contrario el porcentaje es >0,5%, se debe determinar si requiere o no de una reducción de tamaño del residuo sólido; esto se lleva a cabo pasando el residuo a través de un tamiz de 9,5 mm, de no requerirlo el material es transferido a la botella con extractor para su posterior preparación.
- Si el residuo al ser sometido a filtración no produce fase líquida, es decir es 100% sólido se debe determinar si requiere o no de una reducción de tamaño del residuo sólido de la misma forma en que se mencionó anteriormente.
- Para realizar la reducción de tamaño hasta cumplir con la condición adecuada se debe preparar la porción sólida del residuo a partir de trituración y/o corte, una vez se haya adecuado, se transfiere a la botella con extractor para su posterior preparación.
- Para determinar la solución lixivante que se debe implementar para obtener el extracto TCLP a partir de la fase sólida, se debe transferir en un beaker o matraz de 500 ml, 5 gr de la fase sólida del residuo, 96.5 ml agua de análisis y el filtro obtenido de la filtración, después de agitar durante 5 minutos con ayuda de un agitador magnético, medir el pH si el valor es inferior a 5 usar la solución lixivante N° 1, si por el contrario

es el valor superior a 5, agregar 3.5 ml de ácido clorhídrico (HCl) 1N, agitar y calentar a 50°C durante 10 minutos, luego de que se haya enfriado medir el pH si su valor es inferior a 5 usar la solución N° 1, si es superior a 5 usar la solución N° 2.

1.3 Preparación del extracto

- En las botellas con extractor se coloca la solución lixivante en relación 20:1, es decir que por cada gramo de suelo se colocará 20 veces la solución lixivante correspondiente.

$$\text{Peso del liquido de extracción} = \frac{20 * \% \text{ de sólidos} * \text{peso del residuo filtrado}}{100}$$

- Agregar lentamente y cerrar las botellas, posteriormente se asegura en un dispositivo de agitación por rotación (30 ± 2 rpm) durante 18 ± 2 horas, se deben abrir las botellas después de 15, 30 y 60 minutos para liberar el exceso de presión.
- Una vez finalizado el proceso se separan las dos fases a través de un proceso filtración, si el extracto TCLP es miscible con la fase líquida extraída inicialmente se podrán analizar simultáneamente de lo contrario su análisis se realiza por separado.

1.4 Análisis de DQO

- Introducir 2ml de la sustancia lixivante dentro de celdas HACH para el análisis correspondiente dentro del termoreactor, después de dos horas se realiza la lectura de los valores de DQO.

**C. Anexo: instrumento de recolección y
tablas de frecuencia**

Tabla C-1. Instrumento de recolección para los agricultores

I. IDENTIFICACIÓN	
101	¿Cuántas personas son miembros de su hogar? _ _ _
102	¿Cuántos niños viven en su hogar? _ _ _
103	¿Cuántas personas de tercera edad viven en su hogar? _ _ _
104	¿Cuántas veces en el último mes utilizó plaguicidas en actividades agropecuarias?
105	¿Usa algún elemento de protección personal cuando aplican los plaguicidas? a. Guantes 1 ☐ b. Gorra 1 ☐ c. Anteojos 1 ☐ d. Camisas de Mangas largas 1 ☐ e. Pantalones largos 1 ☐ f. Mascara para respirar 1 ☐ g. Botas y zapatos cerrados 1 ☐ h. No se protege 1 ☐ i. No sabe 1 ☐ j. Otro 1 ☐ ¿Cuál?
106	¿Cómo acostumbra a lavar la ropa luego de utilizar los plaguicidas? a. Lavado separado 1 ☐ b. Lavado junto con otra ropa 2 ☐ c. No realiza lavado 3 ☐
107	¿Con que frecuencia mezcla o prepara plaguicidas antes de aplicarlos? a. Continuamente 1 ☐ b. Con bastante frecuencia 2 ☐ c. Con poca frecuencia 3 ☐ d. Prácticamente nunca ☐ 4
108	En caso de realizar la mezcla de los plaguicidas o productos químicos, especifique en dónde lo realiza
109	¿Dónde acostumbra a lavar los equipos que utiliza para la aplicación de plaguicidas? a. Cerca de un cuerpo de agua (rio, lago, pozo) 1 ☐ b. En el mismo punto donde fumiga 1 ☐

		c. Ambos 1 ☐ d. No sabe 1 ☐ e. Otro: especifique _____ _____
110	¿Las aguas residuales generadas en el lavado de los equipos utilizados para la aplicación de plaguicidas reciben algún tratamiento?	a. Sí 1 ☐ ☐ ¿Cuál? _____ _____ b. No 1 ☐ c. No sabe ☐ d. No responde ☐
111	¿Qué hacen con los empaques y frascos de plaguicidas vacíos?	a. Los disponen con la basura común 1 ☐ b. Los separan de la basura común 1 ☐ c. Los lavan y los reutilizan 1 ☐ d. Los entrega a entidades con programa de manejo de residuos peligrosos 1 ☐ e. Los Reutiliza 1 ☐ f. No sabe 1 ☐ g. Otro: 1 ☐ ¿Cuál? _____ _____
113	¿Ha recibido capacitación sobre el manejo y gestión de los plaguicidas, sus residuos y envases?	a. Sí 1 ☐ b. No 1 ☐
114	¿Dónde se almacenan los productos químicos?	
115	¿Conoce cómo actuar ante una emergencia que involucre un derrame o intoxicación con sustancias químicas?	a. Sí 1 ☐ b. No 1 ☐
II. FORMULA		
116	Usted y/o su familia consumen el productivo cultivado	a. Sí 1 ☐ b. No 1 ☐
117	Con qué frecuencia consume estos alimentos	
118	Cuánto tiempo ha trabajado en la finca	
119	Peso corporal	
III.. MORBILIDAD SENTIDA		
¿En las últimas 2 semanas usted o alguno de los miembros del hogar presentaron síntomas que indiquen que su salud está alterada?		Sí 1 ☐ No 2 ☐ → X

Seleccione el rango de edad en el que está la persona afectada.		0-5 años 1 ☐ 5-14 años 2 ☐ 14-60 años 3 ☐ Mayor de 60 años 4 ☐	
¿Qué síntomas ha presentado _____?			
		¿Consultó o buscó ayuda?	
Generales			
Debilidad (fatiga, cansancio)	1 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Alergias	2 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Sudoración	3 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Palpitaciones	4 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Tensión excesivamente baja	5 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Convulsiones	6 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Desmayos	7 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Sistema respiratorio			
Sequedad e irritación en ojos/nariz/garganta	8 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Estornudos	9 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Flujo nasal/congestión nasal	10 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Dolor en el pecho	11 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Dificultad para respirar	12 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Taquicardia	13 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Sistema digestivo			
Diarrea	14 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Náusea/vómito	15 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Piel			
Irritación dérmica	16 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Reacciones alérgicas, ojos o membrana mucosas	17 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐

Cabeza			
Dolor	18 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Mareos	19 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Otro, ¿cuál? _____	20 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Generalmente, por los síntomas anteriores ¿dónde consultó o buscó tratamiento?			
En el último año, ¿Usted o alguno de los miembros del hogar han sido diagnosticados por el médico de enfermedad diarreica aguda?		a. Sí 1 ☐ b. No 2 ☐	
¿Me podría decir quién?			
En los últimos 5 años, ¿Usted o alguno de los miembros del hogar han sido diagnosticados por el médico de cáncer?		a. Sí 1 ☐ b. No 2 ☒ → X	
¿Me podría decir quién?			
¿Qué tipo de cáncer?			
	1 ☐ Cáncer de pulmón	2 ☐ Cáncer de estómago	
	3 ☐ Cáncer de piel	4 ☐ Leucemia	
	5 ☐ Cáncer de hígado	6 ☐ Cáncer de cerebro	

Fuente: autores

Tabla C-2. Instrumento de recolección para el hogar

I. IDENTIFICACIÓN		
101	Nombre del departamento: 	
102	Nombre del municipio: 	
103	Área: Cabecera Municipal 1 ☐ Centro poblado 2 ☐ Rural disperso 3 ☐	
112	Dirección:	
113	Barrio, centro poblado, vereda:	
114	¿Cuántas personas son miembros de este hogar? 	
115	¿Cuántos niños viven en este hogar? 	
116	¿Cuántas personas de tercera edad viven en este hogar? 	
II. SERVICIOS DEL HOGAR		
Agua Potable y Saneamiento Básico		
117	¿Cuál es la fuente principal de abastecimiento de agua que utilizan en su hogar?	a. Acueducto público 1 ☐
	¿Cuál es la principal fuente de abastecimiento del	b. Acueducto comunal o vereda

	agua que usan para preparar los alimentos y/o beber?	2 ☐ c. Pila pública 3 ☐ d. Pozo con bomba 4 ☐ e. Pozo sin bomba, jagüey, aljibe o barreno 5 ☐ f. Río, quebrada, manantial, nacimiento 6 ☐ g. Carro tanque 7 ☐ h. Aguatero 8 ☐ i. Agua embotellada o en bolsa 9 ☐ j. Agua lluvia (incluye reservorio) 10 ☐ k. Vecino 11 ☐ l. Acequia 12 ☐
118	El agua utilizada por el hogar para preparar los alimentos y/o beber, presenta alguna irregularidad (sedimentos, mal sabor, olor, color)	
119	El agua para beber principalmente:	a. La usan tal como la obtienen 1 ☐ b. La hierven 2 ☐ c. Le aplican cloro o algún desinfectante 3 ☐ d. Utilizan filtro 4 ☐ e. La decantan 5 ☐ f. Compran agua embotellada o en bolsa 6 ☐
120	Cuando se presentan cortes en el suministro de agua de la fuente principal, ¿Qué otra fuente utiliza en su hogar para preparar los alimentos y/o beber?	
121	¿Usted almacena o guarda el agua para tomar?	a. Sí 1 ☐ b. No 2 ☐ → 124
122	¿Con qué frecuencia lava el recipiente?	
123	De acuerdo con el uso, el servicio sanitario del hogar es: (Lea las opciones) (Marca una sola opción)	a. Exclusivo de las personas del hogar 1 ☐

		b. Compartido con personas de otros hogar 2 ☐ c. De uso personal y comercial 3 ☐
III. Residuos Sólidos		
124	¿Dónde se disponen los residuos sólidos que generan?	a. Fosa abierta 1 ☐ b. Terreno baldío 2 ☐ c. En la calle 3 ☐ d. Dentro del patio o terreno 4 ☐ e. Son tirados en un canal, río, lago o mar 5 ☐ f. Los queman 6 ☐ g. Los entierran 7 ☐ h. Elaboración de Compost 8 ☐ i. Como alimento para animales 9 ☐
125	¿Genera algunos de los siguientes residuos en su hogar?	Aparatos electrónicos 1 ☐ Medicamentos y fármacos 2 ☐ Plaguicidas, sus residuos y envases 3 ☐ Lámparas y Bombillas 4 ☐ Baterías 5 ☐ Pilas 6 ☐ Residuos generados en la atención en salud 7 ☐ Envases de productos de uso doméstico (aseo, cosméticos) 8 ☐ Mobiliario 9 ☐

		Escombros 10 ☐
126	¿Dónde desecha estos residuos?	a. Lugares establecidos en el barrio, la comuna, la vereda 1 ☐ b. Los vende 3 ☐ c. Desecha en el recipiente de basura de reciclaje 4 ☐ d. Desecha en el recipiente de basura ordinaria 5 ☐ e. Los guarda 6 ☐ f. Los rehúsa 7 ☐ g. Los entierra 8 ☐ h. Los tira en un canal, río, lago 9 ☐ i. Otro. (especifique) 10 ☐
IV. Fórmula		
127	Usted y/o su familia consumen el productivo cultivado	c. Sí 1 ☐ d. No 1 ☐
128	Con qué frecuencia consume estos alimentos	
130	Cuánto tiempo han vivido ahí	
131	Peso corporal	
VIII. Seguridad Química		
131	Por favor dígame si en esta vivienda se usan alguno de los siguientes productos:	a. Plaguicidas de uso doméstico 1 ☐ b. Plaguicidas de uso agropecuario 2 ☐ c. Pinturas 3 ☐ d. Petróleo y sus derivados (gasolina, kerosene) 4 ☐ e. Productos de limpieza (jabón, detergente, cloro) 5 ☐ f. Algunos químicos industriales (Ácidos, solventes, otros) 6 ☐ g. Medicamentos 7 ☐ h. Alguna otra sustancia química 8 ☐

		¿Cuál? _____
132	¿Qué producto químico utilizan usualmente en el aseo del hogar?	Detergente 1 ☐ Alcohol 2 ☐ Acido 3 ☐ Cloro 4 ☐ Jabones 5 ☐ Amoniaco 6 ☐ Soda (caustica) 7 ☐ Solvente (varsol) 8 ☐ Productos inorgánicos 9 ☐ Productos amigables con el medio ambiente 10 ☐ Otro ¿Cuál? _____ 11 ☐
133	¿Cuál o cuáles de los siguientes tipos de plaguicidas usa en la vivienda?	SÍ No a. Rodenticida 1 ☐ 2 ☐ b. Fungicida. 1 ☐ 2 ☐ c. Insecticida 1 ☐ 2 ☐ d. Herbicida 1 ☐ 2 ☐ e. Acaricida 1 ☐ 2 ☐ f. Otro ¿Cuál? _____ _____
134	Usualmente ¿quién o quienes aplican los plaguicidas?	

XI. MORBILIDAD SENTIDA

¿En las últimas 2 semanas usted o alguno de los miembros del hogar presentaron síntomas que indiquen que su salud está alterada?	SÍ 1 ☐ No 2 ☒ X
Seleccione el rango de edad en el que está la persona afectada.	0-5 años 1 ☐ 5-14 años 2 ☐ 14-60 años 3 ☐ Mayor de 60 años 4 ☐
¿Qué síntomas ha presentado _____?	
	¿Consultó o buscó ayuda?

Generales			
Debilidad (fatiga, cansancio)	1 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Alergias	2 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Sudoración	3 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Palpitaciones	4 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Tensión excesivamente baja	5 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Convulsiones	6 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Desmayos	7 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Sistema respiratorio			
Sequedad e irritación en ojos/nariz/garganta	8 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Estornudos	9 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Flujo nasal/congestión nasal	10 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Dolor en el pecho	11 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Dificultad para respirar	12 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Taquicardia	13 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Sistema digestivo			
Diarrea	14 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Náusea/vómito	15 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Piel			
Irritación dérmica	16 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Reacciones alérgicas, ojos o membrana mucosas	17 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Cabeza			
Dolor	18 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Mareos	19 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐
Otro, ¿cuál? _____	20 ☐	SI 1 ☐	NO 2 ☐

Generalmente, por los síntomas anteriores ¿dónde consultó o buscó tratamiento?							
En el último año, ¿Usted o alguno de los miembros del hogar han sido diagnosticados por el médico de enfermedad diarreica aguda?				c. Sí	1	☐	
				d. No	2	☐	
¿Me podría decir quién?							
En los últimos 5 años, ¿Usted o alguno de los miembros del hogar han sido diagnosticados por el médico de cáncer?				c. Sí	1	☐	
				d. No	2	☐	→ X
¿Me podría decir quién?							
¿Qué tipo de cáncer?							
				1 ☐ Cáncer de pulmón	2 ☐ Cáncer de estómago		
				3 ☐ Cáncer de piel	4 ☐ Leucemia		
				5 ☐ Cáncer de hígado	6 ☐ Cáncer de cerebro		

Fuente: autores

Tabla C-3. Tabla de frecuencia de trabajadores

Nº pregunta	RESPUESTAS DE TRABAJADORES					
	1	2	3	4	5	6
101	4	6	8	6	4	4
102	2	-	3	-	-	1
103	0	-	1	-	-	0
104	4 Veces					
105	Implementa todos los elementos de protección	Implementa todos los elementos de protección	Implementa todos los elementos de protección	Implementa todos los elementos de protección a excepción de anteojos	Implementa todos los elementos de protección a excepción de anteojos	Implementa todos los elementos de protección
106	Lavado separado					
107	Con bastante frecuencia	Continuamente	Con bastante frecuencia	Con poca frecuencia	Continuamente	Continuamente
108	En la misma finca					
109	En el mismo punto donde fumiga	No los lava				En el mismo punto donde fumiga
110	No					
111	Separación de empaque y frascos					
113	No	No	Sí	No	No	Sí
114	Container					
115	No					

116	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
117	1 vez al mes	Diaria	Diaria	Diaria	2 veces a la semana	Diaria
118	2 años	1 mes	10 años	3 meses	8 meses	10 años
119	70 Kg	65 Kg	65 Kg	58 Kg	70 Kg	65 Kg
Morbilidad sentida	No	Sí	Sí	Sí	No	No
	-	14-60 años	Mayor a 60	14-60 años	-	-
	-Debilidad -Congestión nasal	-Diarrea	-Congestión nasal -Diarrea	-Congestión nasal	-	-
	No	No	No	No	-	-
	No	No	No	No	No	No
	-	-	-	-	-	-
	Sí	Sí	No	-	-	-
	Padre	Tío	-	-	-	-
	Cáncer de pulmón	No sabe/ No responde	.	-	-	-

Tabla C-4. Tabla de frecuencia de la familia que reside en la finca

Nº pregunta	RESPUESTAS DE FAMILIA QUE RESIDE EN LA FINCA
114	4 miembros
115	2 niños
116	-
117	Acueducto público
118	Huele a cloro
119	Se compra de bolsa
120	Almacenada
121	No
124	Los residuos sólidos son quemados
125	Envases de productos de uso doméstico – medicamentos y fármacos
126	Recipiente de basura ordinaria
127	Ocasionalmente
128	Una vez a la semana
130	11 años
131	80 Kg- 60 Kg- 47 Kg- 45 Kg
131	Productos de limpieza
132	Detergente – Alcohol – Cloro – jabones
133	Ninguno
134	-
Morbilidad sentida	No
	5-14
	Reacciones alérgicas y hongos

**D. Anexo: consideraciones generales
para interpretar el análisis químico del
suelo**

—



IGAC

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

SUBDIRECCIÓN DE AGROLOGÍA - LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS

CONSIDERACIONES GENERALES PARA INTERPRETAR ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS

pH (H ₂ O)	APRECIACIÓN	P mg Kg ⁻¹ (BRAY II)	K cmol (+) Kg ⁻¹	C.O (%)			N.Total (%)			CIC	SATURACIÓN DE BASES (SB)
1:1				CLIMA			CLIMA			cmol (+) Kg ⁻¹	%
				FRIÓ	MEDIO	CÁLIDO	FRIÓ	MEDIO	CÁLIDO		
<4.5	BAJO	<15	<0.2	<2.9	<1.7	<1.2	<0.25	<0.15	<0.10	<10	<35
EXTREMADAMENTE ÁCIDO	MEDIO	15 - 40	0.2 - 0.4	2.9 - 8.1	1.7 - 2.9	1.2 - 2.3	0.26 - 0.50	0.16 - 0.30	0.10 - 0.20	10 - 20	35 - 50
4.6 - 5.0	ALTO	>40	>0.4	>8.1	>2.9	>2.3	>0.50	>0.30	>0.20	>20	>50
MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	APRECIACIÓN	RELACIONES				CLASIFICACIÓN DE ACUERDO CON SALES Y SODIO			PORCENTAJE SATURACIÓN ACEZ INTERCAMBIABLE (S.A.I.)	APRECIACIÓN	
5.1 - 5.5		Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	(Ca+Mg)/K						
FUERTEMENTE ÁCIDO	RELACIÓN IDEAL	2 - 4	3	6	10	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA dS m ⁻¹	PORCENTAJE SATURACIÓN SODIO INTERCAMBIABLE (PSI)	CLASE	<15	SIN PROBLEMAS EN GENERAL LIMITANTE PARA CULTIVOS SUSCEPTIBLES	
5.6 - 6.0											
MEDIANAMENTE ÁCIDO	K DEFICIENTE		>18	>30	>40	0 - 2	INFERIOR	NORMAL	15 A 30	LIMITANTE PARA CULTIVOS MODERADAMENTE TOLERANTES	
6.1 - 6.5						2 - 4		LÍMITE			
LIGERAMENTE ÁCIDO	Mg DEFICIENTE	>10	<1			4 - 8		S1			
6.6 - 7.3						8 - 16		S2			
NEUTRO	CONTENIDO ÓPTIMO	ELEMENTOS MENORES* (mg Kg ⁻¹)				>16	SUPERIOR	S3	30 A 60	LIMITANTE PARA CULTIVOS TOLERANTES	
7.4 - 7.8		Zn	Cu	Mn	Fe	0 - 4		Na			
LIGERAMENTE ALCALINO						4 - 8		NaS1			
7.9 - 8.4	SUELO	3 - 6	1.5 - 3	15 - 30	20 - 30	8 - 16		NaS2			
MEDIANAMENTE ALCALINO							15%		>60	NIVELES TÓXICOS PARA LA MAYORÍA DE CULTIVOS	
8.5 - 9.0	PLANTA	30 - 100	5 - 25	30 - 200	60 - 500	>16		NaS3			
FUERTEMENTE ALCALINO	*Extractables con DTPA en suelos; digestión húmeda en tejido vegetal. Boro en suelos (extractable en agua caliente): 0.6 - 1.0 mg Kg ⁻¹ . Boro en tejido vegetal : 30-80 mg Kg ⁻¹ .							ÁREA DE QUÍMICA			
>9.0											
EXTREMADAMENTE ALCALINO											

NC(Nivel Crítico): 25 mg Kg⁻¹ NO₃; 20 mg Kg⁻¹ NH₄; 20 mg Kg⁻¹ S disponible (Fosfato de calcio)

CONCENTRACION NORMAL EN TEJIDO VEGETAL (Handbook of Reference Methods for Plant Analysis, 1995):

N (%): 2.5-4.5; P (%): 0.20-0.75; K (%): 1.5-5.5; Ca (%): 1.0-4.0; Mg (%): 0.25-1.0; S (%): 0.25-1.0

B (mg Kg⁻¹): 10-200; Cu (mg Kg⁻¹): 5-30; Fe (mg Kg⁻¹): 100-500; Mn (mg Kg⁻¹): 20-300; Zn (mg Kg⁻¹): 27-100; Mo (mg Kg⁻¹): 0.10-0.20; Cl (mg Kg⁻¹): 100-500

7. Bibliografía

- [1] E. G. H. J. Leidy Lorena Rojas, « Diseño de una propuesta ambiental orientada a disminuir el riesgo de intoxicación en la manipulación de agroquímicos en cultivos de lulo,» Pitalito, 2001.
- [2] MINISTERIO DE AGRICULTURA, «CIFRAS SECTORIALES FRESA 2017,» Bogotá, 2017.
- [3] Ministerio de Protección Social, «Diagnóstico Madrid-Cundinamarca,» Madrid-Cundinamarca, 2011.
- [4] Universidad Nacional , «Manual de plaguicidas de Centroamérica,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/193-difenoconazol>. [Último acceso: 5 Agosto 2017].
- [5] DUPON , «Ficha de seguridad Score 25 EC,» 2016.
- [6] Alcaldía municipal de Madrid Cundinamarca, «Plan de desarrollo municipal de Madrid Cundinamarca,» 2008-2012.
- [7] Alcaldía municipal de Madrid Cundinamarca, «Alcaldía municipal de Madrid Cundinamarca,» 6 Febrero 2016. [En línea]. Available: <http://www.madrid-cundinamarca.gov.co/>. [Último acceso: 9 Enero 2017].
- [8] DANE, «Resultado censo general 2005,» 2005.
- [9] DANE, «Estimaciones y proyecciones de la población Colombiana,» 2017. [En línea]. Available: <https://geoportal.dane.gov.co/v2/?page=elementoEstimaciones>. [Último acceso: 2018].
- [10] Instituto Nacional de Salud, «Proceso de vigilancia y análisis del riesgo en salud pública,» 2017.
- [11] Ministerio de protección social , «Diagnostico Madrid Cundinamarca,» Bogotá, 2011.
- [12] Cámara de Comercio Bogotá, «Manual de Fresa,» Bogotá, 2015.
- [13] BANCOLDEX Y UT CRECE - FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, «Documento final de conclusión de la metodología memorias técnicas y mapas por aptitud de uso para cultivos comerciales de fresa en Colombia a Escala

1:100000,» 2014.

- [14] Gobernación de Antioquia, «Manual Técnico del cultivo de fresa bajo buenas prácticas agrícolas,» Medellín, 2014.
- [15] L. E. C. Gomez, «Caracterización del Sistema de comercialización de la fresa en fresco en la provincia de Soacha- Bogotá D.C.,» Cajicá, 2015.
- [16] Agronet, «Ficha técnica de la fresa,» 2004. [En línea]. Available: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005113173515_MONITOREO_EU_Frutas2004.pdf. [Último acceso: 10 Enero 2018].
- [17] G. Forget, «Balancing the Need for Pesticides with the Risk to Human Health: Impact of Pesticide Use on Health in Developing Countries.,» Ottawa, 1990.
- [18] Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo, «Resolución 1527,» 2007.
- [19] EPA, «Difenoconazol: tolerancia a los pesticidas,» 2000.
- [20] Ministerio de trabajo y asuntos sociales, «NTP 465: sustancias carcinogénicas: criterios para su clasificación,» España, 1999.
- [21] Yeraldín Molano Marín; Paula Daniela Garcia Quiroga , «Evaluación del riesgo ambiental asociado a la toxicidad del carbofurano en una finca productora de lechuga del municipio de Madrid, Cundinamarca,» Univeridad de la Salle, Bogotá, 2016.
- [22] The university of Arizona, «análisis de riesgos ambientales,» 2001. [En línea]. Available: <https://superfund.arizona.edu/content/3141-identificaci%C3%B3n-del-peligro>. [Último acceso: 6 Agosto 2017].
- [23] OCDE, «Prueba N° 312: Lixiviación en Columnas de Suelo,» 23 Noviembre 2004. [En línea]. Available: https://archive.epa.gov/scipoly/sap/meetings/web/pdf/312_soil_column_leaching.pdf. [Último acceso: 21 Agosto 2018].
- [24] Agencia de Protección Ambiental, «Método 1311: Procedimiento de lixiviación característica de la toxicidad,» 2015.
- [25] IDEAM, «IDEAM: DEMANDA QUÌMICA DE OXÌGENO POR REFLUJO CERRADO Y VOLUMETRÌA,» 28 Diciembre 2007. [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno.pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>. [Último acceso: 20 octubre 2018].

- [26] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), «Guía para la descripción del suelo,» Roma, 2009.
- [27] Julia María Domínguez Soto; Alma Delia Román Gutiérrez; Francisco Prieto García y Otilio Acevedo Sandoval, «Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos,» México, 2011.
- [28] Meter Group Inc, «Decagon,» 5 Noviembre 2018. [En línea]. Available: http://manuals.decagon.com/Manuals/10564_Mini%20Disk%20Infiltrrometer_Web.pdf. [Último acceso: 23 Octubre 2018].
- [29] L. J. V. Jaimes, «Determinación de la característica de toxicidad por lixiviación (TCLP) del principio activo carbosulfan del plaguicida de uso comercial, en un suelo de cultivo de papa de Villa Pinzón, Cundinamarca,» Bogotá, 2017.
- [30] Cipriano García Gutierrez; Guadalupe Rodríguez mesa, «Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicida en Sinaloa,» Mochicahui, México, 2012.
- [31] Sandra Milena Silva Arroyave; Francisco Javier Correa Restrepo, «Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normatividad y posibilidades de regulación económica,» Medellín, 2009.
- [32] Mónica Rubio Cardenas; Alejandro Vallejo Reyes, «Evaluación del grado de contaminación por plaguicidas Organofosforados en cultivos de cebolla en suelo y agua de escorrentía en el corregimiento de la Florida de la ciudad de Pereira,» Pereira, 2014.
- [33] Agencia de protección Ambiental EPA, «Método y procedimiento para determinar la característica de toxicidad por lixiviación (TCLP),» 1992.
- [34] MINAMBIENTE, «Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales,» [En línea]. Available: <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Catalogo-Estaciones-IDEAM/n6vw-vkfe/data#revert>. [Último acceso: 5 Diciembre 2017].
- [35] IGAC, «Guía de Muestreo,» Bogotá.
- [36] University of Hertfordshire, «Agricultural Substances Databases - Agriculture & Environment Research Unit,» Marzo 2016. [En línea]. Available: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/index.htm>.
- [37] Sistema de documentación e información municipal, «Tomo I Diagnóstico,» Cundinamarca.

- [38] Cabrera E; Patricia Raínez , «Estado actual y cambio en los ecosistemas de los Andes colombianos,» 2007.
- [39] INVERMAR, «Tesauro Ambiental,» 2000.
- [40] Jenny Patricia Veloza Torres, «Análisis multitemporal de las coberturas y usos de suelo en la reserva forestal Casa Blanca en Madrid Cundinamarca,» 2017.
- [41] Carlos E. Castro; Ricardo Siachoque; Edna Garzón; Luis Useche; Marco Velandia, «Conflicto de uso de la tierra,» Cundinamarca, 2011.
- [42] Universidad Politécnica de Valencia, «Inceptisoles,» Valencia, 2011.
- [43] Universidad Politécnica de Valencia, «Andisoles,» Valencia, 2011.
- [44] Alixon Ramírez; Omar Castiblanco , «Monografía análisis comparativo de las tarifas en los municipios de Mosquera, Funza y Madrid que compran agua en bloque,» Universidad Distrital, Bogotá, 2016.
- [45] Empresas públicas de Cundinamarca, «Programa agua para la prosperidad- Plan Departamental de agua-Cundinamarca,» 2013.
- [46] Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ESP, «Evaluación a los efectos generados por las decisiones tomadas por el gobierno distrital frente a la suspensión de la venta de agua en bloque,» Bogotá, 2012.
- [47] Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Madrid E.S.P. , «Acta Comité Técnico N° 348,» Madrid, Cundinamarca, 2017.
- [48] A. L. G. U.-. S. C. d. Geotécnica, «Geología e Hidrogeología de Santafé de Bogotá y su Sabana,» Bogotá, 1992.
- [49] P. M. G. Maldonado, «Apoyo en la gestión de la información sobre Acueducto y Alcantarillado, al proyecto región vida en la secretaría de planeación – Gobernación de Cundinamarca,» 2017.
- [50] J. J. Ibáñez, «Fundación para el conocimiento de Madrid,» 5 Julio 2006. [En línea]. Available: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/07/05/33887>. [Último acceso: 25 abril 2018].
- [51] R. A.-S. Arrieché, «Evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico la estancia, Madrid, Cundinamarca, 2012. Utilizando indicadores de calidad de suelos,» Bogotá, 2012.

- [52] D. F. J. J., «Introducción a la ciencia del suelo,» Medellín, 2002.
- [53] Osar Delgadillo; Luis Pérez, «Medición de la infiltración del agua en el suelo,» Bolivia, 2016.
- [54] Ministerio de Salud, «Disposiciones sanitarias sobre uso y manejo de plaguicidas: Decreto 1843 del 22 de julio de 1991,» Bogotá, 1991.
- [55] Varona, M., Castro R., Páez M., Carvajal N., Barbosa E., León L., y Díaz S, «Impacto en la salud y el medio ambiente por exposición a plaguicidas e implementación de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de tomate,» Colombia, 2011.
- [56] Y. Li, X. Ma y G. Lu , «Systematic investigation of the toxic mechanism of difenoconazole on protein by spectroscopic and molecular modeling,» *Pesticide Biochemistry and Physiology*, vol. 105, pp. 155 - 160, 2013.
- [57] María Alejandra Delgado Salas; Paola Fajardo Gutierrez, «Determinación de la movilidad del carbofuran en suelos de un cultivo ubicado en el municipio de Villapinzon- Cundinamarca,» Bogotá, 2015.
- [58] FAO, «Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura,» 2015. [En línea]. Available: http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation2015/DIFENOCONAZOLE__224_.pdf. [Último acceso: 1 Septiembre 2018].
- [59] Instituto Geográfico Agustín Codazzi., Consideraciones Generales para Interpretar Análisis de Suelos., Bogotá, 1995.
- [60] D. M. Cuellar, «Relación ambiente y desarrollo del departamento de Cundinamarca,» 2005 .
- [61] Gobernación de Cundinamarca, «Estadísticas de Cundinamarca 2010,» 2010.
- [62] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), «Codex Alimentarius,» [En línea]. Available: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>. [Último acceso: 15 Marzo 2018].
- [63] Instituto Geográfico Agustín Codazzi , «Capítulo 4: propiedades del suelo,» 2011.
- [64] M. A. Altieri, AGROECOLOGIA: Bases científicas para una agricultura sustentable., Montevideo: Nordan–Comunidad, 1999.
- [65] International Plant Nutrition Institute, Acidez y encalado de los suelos, Quito, 1999.

- [66] Universidad Nacional de Colombia-sede Medellín, «pH del suelo y disponibilidad de nutrientes,» *Manejo integral de Suelos y Nutrición Vegetal*, vol. 1, nº 4, p. 4, 2012.
- [67] R. A.-S. Arrieche, «Evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico la estancia, Madrid, Cundinamarca,» Bogotá, 2012.
- [68] J. A. Miner, «El Suelo en la Agricultura y el Medio Ambiente. Fertilidad del Suelo: Acidez y Complejo de Cambio,» 1995.
- [69] Z. Zhang , W. Jiang, Q. Jian, W. Song, Z. Zheng, D. Wang y X. Liu, «Residues and dissipation kinetics of triazole fungicides difenoconazole and propiconazole in wheat and soil Chinese fields,» *Food Chemistry*, vol. 168, pp. 396 - 403, 2015.