



**RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR EL USO DE PLAGUICIDAS,
MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL HUMUS DE *Eisenia foetida* EN LA CENTRAL
ALGODONERA EN EL CORREGIMIENTO DE CARACOLICITO – EL COPEY**

AUTOR (ES):

LUZ ESTHER GALIANO GUTIERREZ

NEIRA MARIA BALOYES GUERRA

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
SANITARIA VALLEDUPAR - CESAR
2021**

**RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR EL USO DE PLAGUICIDAS,
MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL HUMUS DE *Eisenia foetida* EN LA CENTRAL
ALGODONERA EN EL CORREGIMIENTO DE CARACOLICITO – EL COPEY**

AUTOR (ES):

LUZ ESTHER GALIANO GUTIERREZ

NEIRA MARIA BALOYES GUERRA

DIRECTOR / ASESOR:

HECTOR HELI SEGURA OROZCO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
SANITARIA VALLEDUPAR - CESAR
2021**

DEDICATORIA

Este logro, no lo hubiese podido conseguir sin el esfuerzo, la dedicación y amor de mi mamá Mary Luz Gutiérrez, para ella y por ella, van dirigidos y dedicados todos los logros de mi vida. A mi madrina Lilia Esther Rovira Forero, quien en representación de mi segunda mamá Esther Forero Díaz, me ha brindado su apoyo y su cariño desde siempre. A mi abuelo Urbano Palomino que siempre tuvo abiertas las puertas de su casa y corazón para recibirme y quererme. De igual manera a todas las personas que siempre han estado apoyándome, y quienes me han brindado una palabra de aliento en momentos difíciles.

Muchas gracias.

Luz Esther Galiano Gutiérrez.



DEDICATORIA

A todos los que en el camino de tan anhelados sueños encontré y sus puertas desplegadas abrieron para mí, todas las posibilidades de descubrir las llaves, de un destino que me condujo paso a paso y sin desfallecer, a alcanzar la cima de mis más incalculables desvelos.

Neira María Baloyes Guerra.



AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios quien, con su infinita misericordia, me ha permitido cumplir y llevar a cabalidad esta etapa de mi vida. A mi mamá Mary Luz Gutiérrez, que, durante todos estos años, me ha brindado su tiempo, amor y apoyo; que con su esfuerzo, entrega y dedicación ha hecho de mi lo que soy, Antonio Echeverry, que se ha convertido en mi familia y de igual manera he recibido su apoyo y cariño. A mi segunda mamá Esther Forero Díaz, quien me quiso, me brindo el calor de un hogar y creyó en mí siempre, y que desde el cielo me cuida y celebra este triunfo.

A mis padrinos Lilia Esther Rovira Forero y Alejandro Rovira Forero, a mi mami Mayra Malena Quiroz Forero, gracias por el apoyo, y por cuidar de mi desde siempre, a mi prima María Alejandra Rovira Castaño, por estar para mí en todo momento.

Para todos mis amigos, los que me han visto pasar por momentos duros en mi vida y han estado ahí brindándome su apoyo, muchísimas gracias.

A todos los profesores que, durante esta etapa, compartieron con amor, respeto, paciencia y vocación sus conocimientos, de todos me llevo sus enseñanzas, y la buena persona que son. De verdad muchísimas gracias.

Luz Esther Galiano Gutiérrez.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por todas las bendiciones obtenidas. A mi madre quien con valentía y sin desfallecer me dio su apoyo y ayuda permanente, a la señora Enida Montero que con su paciencia y cariño me ayudó hasta el ultimo momento de este gran anhelado sueño, a la señora Sandra Bermudez y su Esposo Geovannys Guerra e hijos que me ayudaron a crecer tanto académica como personalmente, a la señora Maria Teresa Bermudez para ayudarme en cada trabajo, trasnochadas y más; y gracias a ese ser que en estos momentos no está conmigo físicamente pero se que desde el cielo está feliz porque no solo estoy cumpliendo un sueño mío si no también un sueño de ella. Ella mi persona favorita Claudia Bermudez Montero

Neira María Baloyes Guerra.



RESUMEN

La agricultura es una de las actividades económicas que golpean más al suelo llevándolo a su deterioro si no se tiene un buen manejo de estas actividades, el uso de plaguicidas para la detención o la erradicación de las plagas hacen que este producto al llegar al suelo lo contaminen, El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto de la lombriz roja californiana en la recuperación de suelos contaminados por plaguicidas en la central algodona en el Corregimiento de Caracolito – El Copey. Estos suelos contaminados por plaguicidas pierden su fertilidad por consiguiente se vuelen unos suelos sin vida; por eso es necesario someterlos a un proceso de biorremediación para volverlos fértiles. Para este estudio se implementaron 3 camas donde en la cama 1 se aplicó la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y su respectiva alimentación, en la cama 2 se aplicó solo el humus producido en la cama 1 y se colocó un blanco donde no se aplicó nada, se realizaron sus respectivos laboratorios iniciales y laboratorios después del tratamiento, donde obtuvimos como resultado la recuperación de la fertilidad del suelo.

Palabras Claves: Biorremediación, Plaguicida, suelo, *Eisenia foetida*.

ABSTRACT

Agriculture is one of the economic activities that hit the soil the most, leading to its deterioration if you do not have a good management of these activities, the use of pesticides to stop or eradicate pests make this product reach the ground. contaminate, The main objective of this work was to evaluate the effect of the Californian red worm on the recovery of soils contaminated by pesticides in the cotton plant in the Caracolicito - El Copey district. These soils contaminated by pesticides lose their fertility consequently some lifeless soils are blown away; that is why it is necessary to submit them to a bioremediation process to make them fertile. For this study, 3 beds were implemented where in bed 1 the Californian red worm (*Eisenia foetida*) and its respective feeding were applied, in bed 2 only the humus produced in bed 1 was applied and a blank was placed where it was not applied. Nothing, their respective initial laboratories and laboratories were carried out after the treatment, where we obtained the recovery of soil fertility as a result.

Key Words: Bioremediation, Pesticide, soil, *Eisenia foetida*



Tabla de Contenido

1.	Introducción	13
2.	Planteamiento y Formulación del Problema	15
2.1	Pregunta de Investigación	16
3.	Justificación del Proyecto o Investigación	17
4.	Objetivos.....	18
4.1	Objetivo General	18
4.2	Objetivos Específicos	18
5.	Marco Referencial	19
5.1	Antecedentes de la Investigación	19
5.2	Marco Teórico	23
5.2.1	<i>El suelo</i>	23
5.2.2	<i>Composición del suelo: fase sólida, líquida y gaseosa.</i>	23
5.2.3	<i>Propiedades físicas del suelo</i>	25
5.2.4	<i>Propiedades químicas y microbiológicas del suelo</i>	27
5.2.5	<i>Los Procesos Edáficos del suelo</i>	30
5.2.6	<i>Los plaguicidas</i>	32
5.2.7	<i>La Lombricultura</i>	41
5.3	Marco Conceptual	46
5.4	Marco Contextual	48
5.4.1	<i>Caracolcito</i>	48
5.5	Marco Legal	50
6.	Marco Metodológico.....	53
6.1	Línea y Sublínea de Investigación	53
6.1.1	<i>Línea:</i>	53
	Sostenibilidad y gestión ambiental.....	53
6.1.2	<i>Sub-línea:</i>	53
	Suelo	53
6.2	Tipo de Investigación	53
6.3	Nivel de Investigación	53
6.4	Población de Estudio	54

6.5	Muestra Poblacional	54
6.6	Tipo de Muestreo.....	54
6.7	Desarrollo Metodológico	54
7.	Resultados y Análisis.....	58
7.1	Etapa 1:	58
	Identificación de las características fisicoquímicas del suelo afectado por el uso y manejo de plaguicidas	58
7.1.1	<i>Toma y análisis de muestra de suelo</i>	<i>58</i>
7.1.2	<i>Características físico-químicas del suelo</i>	<i>59</i>
7.1.3	<i>características taxonómicas de los contaminantes (plaguicidas):.....</i>	<i>61</i>
7.2	Etapa 2.....	61
	Implementación del método de tratamiento biológico (biodegradación asistida) para la aplicación del humus de lombriz en el suelo contaminado por el uso de plaguicidas.....	61
7.2.1	<i>Siembra de camas de cultivo</i>	<i>62</i>
7.3	Etapa 3.....	64
	Estimar el crecimiento y efecto de la lombriz roja californiana en los primeros estados de la recuperación del suelo.	64
7.3.1	<i>Monitoreo de los tratamientos</i>	<i>64</i>
7.3.2	<i>Comparación de los tratamientos biológicos aplicados</i>	<i>65</i>
7.4	Etapa 4.....	76
	Evaluar la eficiencia de la recuperación del suelo mediante la siembra de una plántula.....	76
7.4.1	<i>Análisis de la eficiencia de la restauración a través de la siembra.</i>	<i>77</i>
8.	Resultados y Análisis.....	79
9.	Conclusiones	81
10.	Recomendaciones	82
11.	Bibliografía	87

Tablas

Tabla 1.....	29
Tabla 2.....	50
Tabla 3.....	59
Tabla 4.....	60
Tabla 5.....	66
Tabla 6.....	66
Tabla 7 Comparacion de los resultados de laboratorios fisico-quimicos con los valores optimos para un suelo fertil	67

Fotos

Foto 1	49
Foto 2	58
Foto 3	61
Foto 4	62
Foto 5	62
foto 6	63
foto 7	63
foto 8	64
foto 9	64
Foto 10.....	78
Foto 11.....	78

Graficas

Grafica 1 Comparacion de %Arena.....	68
Grafica 2 Comparacion de %Limo.....	68
Grafica 3 Comparacion de %Arena.....	69
Grafica 4 Comparacion de pH.....	70
Grafica 5 Comparacion de %M.O.....	70
Grafica 6 Comparacion de Ca.....	71
Grafica 7 Comparacion de Mg	71
Grafica 8 Comparacion de K.....	72
Grafica 9 Comparacion de Na.....	72
Grafica 10 Comparacion de P	73
Grafica 11 Comparacion de S.....	73
Grafica 12 Comparacion Fe	74
Grafica 13 Comparacion de Mn	74
Grafica 14 Comparacion de Cu.....	75
Grafica 15 Comparacion de Zn	75
Grafica 16 Comparacion de B.....	76

1. Introducción

El uso del suelo por años ha sido una de las fuentes principales de producción y uno de los sectores económicos más importantes a nivel mundial. En un país como el nuestro no ha sido la excepción, pero dicha actividad ha generado un estado deplorable en este recurso, debido al uso desmedido de productos que afectan la producción y el estado de los suelos.

Por medio de este proyecto se busca lograr la biorremediación de suelos contaminados por el uso de plaguicidas, (una acción que por décadas se ha implementado en los suelos de esta región), mediante la implementación del humus producto de la digestión de la lombriz roja californiana; para ello es fundamental identificar las características físico- químicas del suelo afectados por el uso de estos químicos, ya que ellas nos indican los nutrientes que se ven afectados por uso de esta técnica y por ende nos ayuda de manera puntual tratar con efectividad la problemática, creando las condiciones ideales para la reproducción y crecimiento de la lombriz.

Con esta investigación se busca generar la recuperación efectiva de los suelos contaminados por uso de plaguicidas y de cualquier producto químico, mediante la implementación de una técnica económica y fácil de implementar, la cual no le hemos dado la importancia requerida, como lo es la Lombricultura. De igual manera se espera que este proyecto sirva de apoyo a investigaciones futuras.



**Universidad
Popular del Cesar**
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR EL USO DE
PLAGUICIDAS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL HUMUS DE *Eisenia foetida* EN LA
CENTRAL ALGODONERA EN EL CORREGIMIENTO DE CARACOLICITO – EL
COPEY**



2. Planteamiento y Formulación del Problema

Durante mucho tiempo se ha implementado el uso de plaguicidas o pesticidas como medio de control para plagas en diferentes tipos de cultivos, esto tiene como consecuencia la pérdida de muchos nutrientes del suelo, lo cual conlleva al deterioro de este.

Debido a que estos compuestos tienen la cualidad de bioacumularse en las cadenas tróficas y pueden actuar como disruptores endocrinos, múltiples ecosistemas son afectados alterándose la fertilidad de algunas especies. (Waldo Gutiérrez, 2015)

Colombia se encuentra en el quinto lugar como uno de los países con mayor consumo de plaguicidas (insecticidas, fungicidas, bactericidas y herbicidas). (Ivonne Aillen Gómez-Orejuela, 2017)

El Cesar es uno de los departamentos donde el uso de estas sustancias, se ha implementado en gran medida, ya que es una zona donde la agricultura es una de sus actividades económicas más importantes, donde años tras años ha sido la única forma de eliminar las "plagas" que atacan los cultivos; por ende el daño que el suelo tiene en esta región es muy significativo; ha recibido y soportado todos estos años la implementación de estas sustancias que le quitan muchos de sus nutrientes convirtiéndolo en un suelo muy inestable y con poca probabilidad que en él se pueda realizar actividades de agricultura.

En la central algodonera, que funciona como desmontadora de algodón ubicada en el Corregimiento de Caracolicito en el Municipio de El Copey; en el año de 1996, 807 tambores de *Metil Paratión* y 153 *Toxafeno* provenientes de una bodega de la Federación Nacional de Algodoneros ubicada en la empresa ALPOPULAR (Barranquilla) fueron trasladados y depositados junto con tambores desocupados contaminados, estibas, papeles y basuras a las bodegas de la

Central Algodonera en liquidación (CENALGODON) sin ningún tipo de advertencia a la comunidad. (Decanato, 2009)

Debido que los materiales tóxicos allí ubicados son plaguicidas obsoletos y representan peligro para el medio ambiente y para la salud humana de la población expuesta, en el año 2000, el Ministerio del Medio Ambiente inicio los trámites para la manipulación, embalaje y transporte de 161.8 toneladas de los plaguicidas Metil Paratión y Toxafeno hasta instalaciones aseguradas y custodiadas por la empresa Francesa procesadora de residuos industriales peligrosos TREDI LTDA (Tratamiento, Revalorización y Eliminación de Desechos Industriales), hecho que fue llevado a cabo en el año 2004 luego de la evaluación de otras opciones de tratamiento en el país. (Decanato, 2009)

Como consecuencia de lo mencionado anteriormente, este es un suelo que está contaminado por plaguicidas y no se le ha implementado ningún tipo de tratamiento para recuperarlo y ha quedado como un terreno baldío, propenso a que sea usado por habitantes como invasión y esto genere enfermedades no solo a corto si no a largo plazo.

Lo que se pretende hacer con este proyecto es la recuperación de ese suelo con la aplicación del humus de *Eisenia foetida*, esto se lograra con una recuperación *ex situ* donde se tomarán unas muestras de ese suelo y se habilitara un lugar donde se harán unas camas para poder hacer todo el procedimiento de recuperación; todo esto con el fin de generar ambientes más sanos y suelos más fértiles

2.1 Pregunta de Investigación

¿Qué tan efectivo será la aplicación del humus de *Eisenia foetida* para la recuperación de suelos contaminados por plaguicidas en la central algodonera en el corregimiento de Caracolicito-El Copey?

3. Justificación del Proyecto o Investigación

La utilización de plaguicidas para controlar los cultivos ha sido una práctica usada a lo largo de los años en distintas partes del mundo; olvidando muchas veces el daño que estos químicos generan a los suelos y a la salud de quienes los manipulan o tienen un contacto, con estas sustancias.

El departamento del Cesar ha sido por mucho tiempo un departamento agrícola, por tal motivo, sus suelos han sido contaminados por el uso de diferentes plaguicidas, esto ha generado un sin número de problemas y falencias en estos suelos, muchos de estos han llegado al punto de la desertificación, y otros han perdido gran parte de sus nutrientes, por lo cual han dejado de ser suelos productivos; sufriendo así las consecuencias de la realización de esta práctica.

No cabe duda que la implementación de este proyecto es de suma importancia para la región, puesto que este ayudara a resarcir una problemática que ha estado presente por mucho tiempo y que ha afectado no solo al medio ambiente y su componente suelo, si no que a su vez se ha visto afectada la población; por ende, que al recuperarse estos suelos son muchos los beneficios, ya que muchos de los pobladores podrán llegar a desempeñar labores de agricultura que años atrás era su fuente de ingreso más productiva.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Recuperar suelos contaminados por el uso de plaguicidas, mediante la aplicación del humus de *Eisenia foetida* en la central algodonera en el Corregimiento de Caracolicito - El Copey.

4.2 Objetivos Específicos

- Identificar las características físico-químicas del suelo, afectados por el uso y manejo de plaguicidas.
- Implementar el método de tratamiento biológico (biodegradación asistida) para la aplicación del humus de lombriz en el suelo contaminado por el uso de plaguicidas.
- Estimar el crecimiento y efecto de la lombriz roja californiana en los primeros estados de la recuperación del suelo.
- Evaluar la eficiencia de la recuperación del suelo mediante la siembra de una plántula.



5. Marco Referencial

5.1 Antecedentes de la Investigación

Álvarez Mejía Astrid Carolina (2019), desarrollaron la investigación titulada "Recuperación de bosque seco tropical (BST) a través de procesos de Lombricultura y compost en la mina El Cielo, Corregimiento de Valencia de Jesús – Cesar"; para obtener el título de Ingeniero Ambiental Y Sanitario en la Universidad Popular del Cesar.

Este proyecto se llevó a cabo en 4 etapas, las cuales son las siguientes: Etapa 1: Se realizará un diagnóstico del estado del BST como línea base, en esta etapa se identificará el área demostrativa con suelos afectados por la actividad minera y también se identificarán las especies forestales. En la etapa 2: se analizará las condiciones físicas y químicas del suelo del BST, este se hará a escala de laboratorio y campo mediante una serie de ensayos los cuales permitirá conocer el estado actual de los suelos. En la etapa 3: Se realizará el parcelamiento para la aplicación de las tecnologías de recuperación (Lombricultura y compost). En la etapa 4: Se hará una evaluación de la eficiencia en la recuperación del BST a través de los procesos de Lombricultura y compost. *En este proyecto se obtuvo una buena eficiencia en la recuperación del suelo del BST donde confirmaron una restauración en todas las parcelas analizadas, esto nos ayuda a darnos una idea o tener una base positiva para la implementación del proyecto.*

Plata Ortiz Anyi Liceth, Quintero Ortiz Richard Eduardo (2019), desarrollaron la investigación titulada "Recuperación de suelos mineros disturbados a través de los procesos de Lombricultura y compost en la mina El Cielo Corregimiento de Valencia de Jesús – Cesar"; para obtener el título de Ingeniero Ambiental Y sanitario en la Universidad Popular del Cesar.

Este proyecto se llevó a cabo en 4 etapas, la cuales son las siguientes: Etapa 1: Diagnóstico inicial de la zona afectada a través del análisis de calidad de suelos en parámetros de fertilidad como Microelementos, CO, CE, pH, Humedad y Textura. El estudio de las características físicas y

químicas que se hará a escala de laboratorio y campo mediante el procedimiento de toma de muestra de calidad de suelos del IGAC. En la etapa 2: Se hará la producción de Biofertilizantes (Lombricultura, compost, Lombricompost, y humus líquido) para su aplicación; todo esto con el fin de conocer los aportes o cambios benéficos que los productos obtenidos generan en el suelo afectado por la extracción de material arcilloso. En la etapa 3: se implementará los productos obtenidos para el proceso de recuperación (Lombricompost, compost y humus líquido). En la etapa 4: Se hará una evaluación de la eficiencia en la recuperación de la calidad del suelo disturbado en base a la fertilidad vs línea base del diagnóstico obtenido. *En este proyecto se obtuvo una buena eficiencia del suelo a partir del uso de la lombriz Eisenia foetida para la recuperación de estos suelos mineros, esto nos demuestra la gran capacidad que tiene el uso de la lombriz para incluir nutrientes al suelo, esto para que vuelva a ser fértil.*

Barbaran Cruz Janeth (2017), desarrollo la investigación titulada "Reducción de cromo en suelos contaminados por agroquímicos utilizando lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) en el centro poblado Huarabi – Canta", para obtener el título profesional de Ingeniera Ambiental, en la Universidad Cesar Vallejo.

Esta investigación se llevó a cabo en 4 etapas; estas fueron: ETAPA 1: En esta etapa de la investigación el autor desarrollo la toma de muestra inicial de suelo del predio en estudio del C.P Huarabi. En la ETAPA 2: en esta etapa el autor realizo la selección de la ubicación del área de la instalación del proyecto y construcción de las camas. En la ETAPA 3: en esta etapa el autor hace el pesado y aplicación de las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) en las camas. En la ETAPA 4: Por último, el autor realiza el muestreo del suelo. El producto principal utilizado en esta investigación es la lombriz de tierra, donde los resultados de esta investigación fueron que en la presente investigación se puede observar que hubo reducción de la concentración de Cromo en los tres tratamientos es decir que las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) reducen el Cromo en suelos contaminados por agroquímicos. Ya que en el T1 (5 Kg de lombriz) se obtuvo un promedio de reducción de cromo de 15.48 mg/Kg, en el T2 (10 Kg de lombriz) se obtuvo un promedio de reducción de cromo de 16.556 mg/Kg y en el T3 (15 Kg de lombriz) se obtuvo un promedio de reducción de cromo 17.264 mg/Kg. *El aporte directo al presente estudio que se desea implementar es según el estudio que ellos realizaron más las pruebas dadas las lombrices rojas californianas son aptas para la recuperación de suelos contaminados por plaguicidas ya que ellos lograron con*

el uso de la lombriz reducir el cromo por el uso de plaguicidas.

Zapata Isabel C, Martínez Laura, Posada Estefanía, Gonzales María E, Saldarriaga Juan F (2016), desarrollaron la investigación titulada "Efectos de la lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*), sobre el crecimiento de microorganismos en suelos contaminados con mercurio de Segovia, Antioquia"; para optar por el título de Ingenieras Ambientales en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.

Para este trabajo se tomó suelo contaminado del municipio de Segovia, Colombia, el cual fue mezclado en suelo fértil comprado en un vivero. Las concentraciones fueron de 70-30, 30-70 y 50-50 de suelo contaminado con respecto a suelo fértil. Para el proceso de biorremediación se utilizó lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Para el aislamiento de los microorganismos se emplearon diferentes agares con el fin de identificar levaduras y hongos (papa dextrosa agar – PDA- (Merck) agar plate count (Merck)), para el aislamiento de mesófilos se usó agar plate count (Merck), para enterococos se utilizó agar enterocococell (BBL) y para bacterias se dispusieron dos agares EMB (Merck) y azida+sangre (Dibico) y para el aislamiento de pseudomonas se destinó agar cetrimide (BBL). Todos los conteos se realizaron por medio de recuento y diferencial en placa por siembra en superficie. Las siembras de microorganismos se llevaron a cabo mediante diluciones seriadas para los cuatro sistemas evaluados.

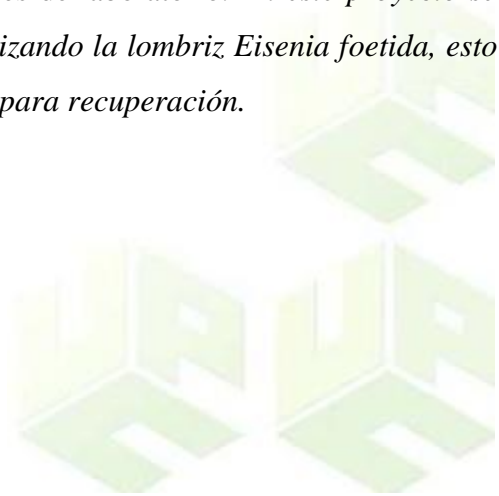
Para el montaje se utilizaron tres concentraciones diferentes y una muestra control, el tiempo de ensayo fue de 90 días, dividido en tres etapas de muestreo y análisis en el laboratorio: al primer día, a los 15 días y a los 90 días con el que se finaliza el proceso de remediación. Los primeros 15 días se les realizó seguimiento diario a los sistemas y luego cada 8 días. *De acuerdo con los resultados obtenidos en este proyecto, podemos decir que el uso de la Eisenia foetida mejora las condiciones de la calidad del suelo ya que estas aportan muchos nutrientes al suelo haciendo que la fertilidad del suelo sea más productiva.*

Gonzales Condori Elvis Gilmar (2014), desarrollo de la investigación titulada "Evaluación del desempeño de *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana) en la degradación de los pesticidas organofosforados clorpirifos y profenofos en suelos, Arequipa" Para obtener Maestría en Química del medio ambiente, en la universidad católica de santa maría, Arequipa – Perú.

Este proyecto se llevó a cabo en 3 etapas, las cuales son: Etapa 1: Como primera medida se

Determinaron los clorpirifos y profenofos por cartografía líquida de alta resolución, para esta etapa se validó un método por cartografía líquida de alta resolución (HPLC), usando estándares de referencia. Para el desarrollo de esta etapa se usaron estándares primarios sigma Aldrich con una pureza mayor a 99.5%, una fase móvil de acetonitrilo: agua (60:40), un flujo de 2 mL/min a 205 nm y a una temperatura de 20 °C. Etapa 2: Extracción de clorpirifos y profenofos de suelos contaminados, Para la extracción de clorpirifos y profenofos de suelos se preparó un sistema de extracción, usando una jeringa de 20 ml en la cual se acondiciono con 2 capas de papel filtro y 2 g de sulfato de sodio anhidro, luego se adicionaron 5 g de muestra homogenizada la cual se pone en contacto con 5 ml de acetonitrilo grado HPLC. Y por último en la Etapa 3: Validación del método analítico por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) para la determinación de clorpirifos y profenofos. *Este proyecto nos muestra que la Eisenia foetida acelera los procesos de degradación esto nos indica que presenta un desempeño muy positivo esto nos hace pensar y creer que esta nos va a ayudar en el proceso de recuperación de suelos.*

Hernández Castellanos Benito (2013); desarrollo de la investigación titulada “uso de lombrices de tierra en la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos” tesis para obtener el grado de Doctor en ciencias en Ecología y Biotecnología, en la Universidad veracruzana. Este proyecto se llevó en 2 etapas, las cuales son: Etapa 1: Se investigó un suelo antroposoil contaminado con petróleo crudo intemperizado, para determinar cómo es afectada la presencia de lombrices de tierra. Etapa 2: Con base en estos resultados se procedió a desarrollar un experimento donde se evaluó la capacidad de la lombriz endógena Pontoscolex corethururs para la remoción del hidrocarburo poliaromático Benzo(a) Pireno en condiciones de laboratorio. *En este proyecto se logró el objetivo que es la remoción del hidrocarburo utilizando la lombriz Eisenia foetida, esto nos hace afianzar aún más el uso de lombrices en el suelo para recuperación.*



5.2 Marco Teórico

5.2.1 El suelo

Echarri (1998, p. 1), expresa que “el suelo es una parte fundamental de los ecosistemas terrestres debido a que contiene agua y elementos nutritivos que los seres vivos utilizan, y en él se apoyan y nutren las plantas y otros organismos”, razón por la cual el suelo es considerado un recurso natural vital para el sustento de las actividades del ser humano, por lo que debe ser estudiado y analizado con el fin de encontrar la mejor manera de conservarlo a través del tiempo. Para lograr tal fin es necesario conocer cómo es su proceso de formación, cuáles son sus componentes y cómo es su dinámica en general. (Sandra Milena Silva Arroyave, 2009)

El suelo se forma en un largo proceso en el que intervienen el clima, los seres vivos y la roca más superficial de la litosfera. Este proceso es una sucesión ecológica en la que va madurando el ecosistema suelo. La roca es meteorizada por los agentes meteorológicos (frío/calor, lluvia, oxidaciones, hidrataciones, etc.) y así la roca se va fragmentando. Los fragmentos de roca se entremezclan con restos orgánicos: heces, organismos muertos o en descomposición, fragmentos de vegetales, pequeños organismos que viven en el suelo, etc. Con el paso del tiempo todos estos materiales se van estratificando y terminan por formar lo que comúnmente se conoce como suelo (Echarri, 1998). (Sandra Milena Silva Arroyave, 2009)

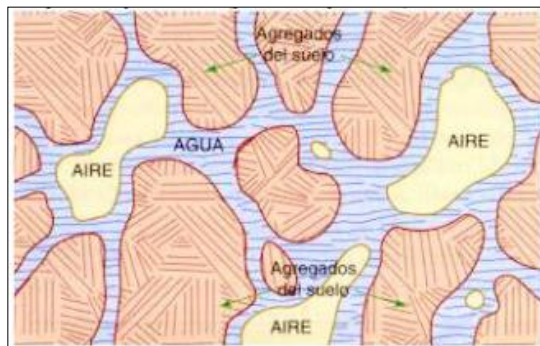
5.2.2 Composición del suelo: fase sólida, líquida y gaseosa.

- **Fase sólida:** se divide en orgánica e inorgánica
 - ✓ La inorgánica son los fragmentos de rocas y minerales productos de meteorización. Grava > 2 mm y arena 2 mm – 0,02 mm; limos 0,02 – 0,002, arcilla < 0,002. Las arcillas forman agregados con los humus muy importantes para la fertilidad del suelo al retener sales minerales.

- ✓ La orgánica está compuesta por materia orgánica procedente de restos de seres vivos como excrementos, madera..., en mayor o menor grado de descomposición. Cuando la descomposición está muy avanzada la materia orgánica se llama "humus". La materia orgánica retiene más agua, favorece la aireación del suelo al aglutinar partículas minerales haciéndolo más poroso y aumenta la fertilidad del suelo. Hay una inmensa variedad de seres vivos, entre los que destacamos los descomponedores que degradan la materia orgánica a inorgánica y los que remueven el suelo permitiendo la aireación y evitando su endurecimiento.
- **Fase líquida:** es el agua que lleva en disolución sales minerales y coloides de arcillas y humus. El agua generalmente se encuentra en los poros del suelo de tamaño pequeño o mediano (agua absorbible), si los poros son demasiados pequeños no puede ser absorbida por las raíces (agua retenida que es la que no circula) y si los poros son demasiado grandes tampoco porque se escurre por gravedad (agua de gravitación) para formar parte del agua de acuíferos subterráneos.
- **Fase gaseosa:** es el aire que ocupa los poros de tamaño grande y aquellos en los que el agua se ha consumido, su composición es similar a la del aire atmosférico, pero con una menor proporción de O_2 (20%) y mucho mayor de CO_2 (0,5 – 1%), debido a la gran actividad biológica que se desarrolla en el suelo (respiración). La cantidad de CO_2 aumenta con profundidad, la existencia de materia orgánica y en condiciones óptimas de temperatura y humedad (primavera y verano). (Murcia, 2017)

Figura 1

Composición del suelo: fase sólida, fase líquida, fase gaseosa



Fuente: (Murcia, 2017)

5.2.3 *Propiedades físicas del suelo*

5.2.3.1 Textura. Es la proporción de las distintas partículas minerales del suelo, clasificadas según su tamaño de grano en tres grupos: arena, limos y arcilla, es decir, la textura de un suelo se define por las proporciones de arena, limo y arcilla que posee (arena 2 mm - 0,02 mm; limo 0,02 – 0,002, arcilla < 0,002 mm). La textura es un factor muy importante en las características del suelo como la permeabilidad, aireación y la capacidad de retención del agua y de nutrientes. En función del tipo y tamaño de partículas presentes en un suelo, la capacidad de adsorción de moléculas polares e iónicas varía considerablemente. Otros efectos dependientes de la textura es la plasticidad y cohesión. (Murcia, 2017)

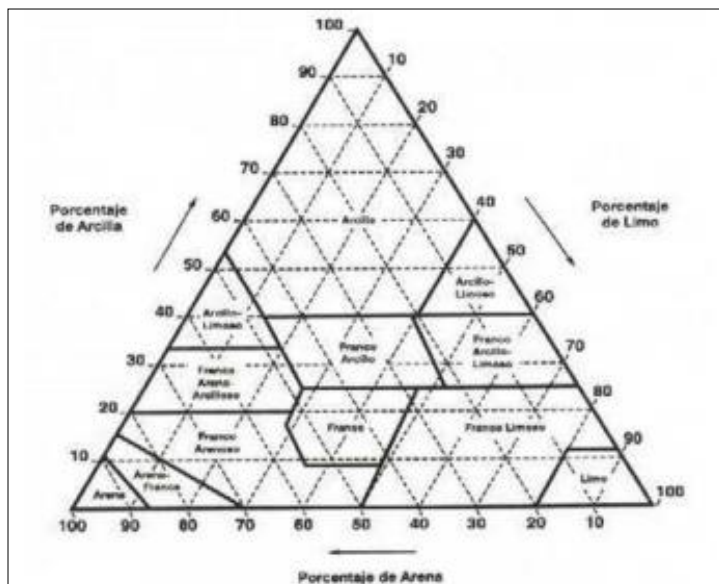
- Tipos de Textura: cuando abundan mucho las partículas de tamaño arena se dice que el suelo tiene textura arenosa, si son los limos textura limosa y si son las arcillas, textura arcillosa.

Un suelo con mezcla de los tres componentes se llama Textura franca y es lo más beneficioso, pues un suelo que posea fracciones gruesas y finas en proporciones adecuadas es un suelo equilibrado, siendo ligero, aireado y permeable. Un suelo con textura predominante en cualquiera de las fracciones (suelo arenoso, arcilloso o limoso) siempre será deficiente por alguna causa, por ejemplo, el suelo arenoso no tiene capacidad de retener agua y el suelo arcilloso no tiene aireación y se encharca con facilidad al ser impermeable. (Murcia, 2017)



Figura 2

Triángulo de Textura.



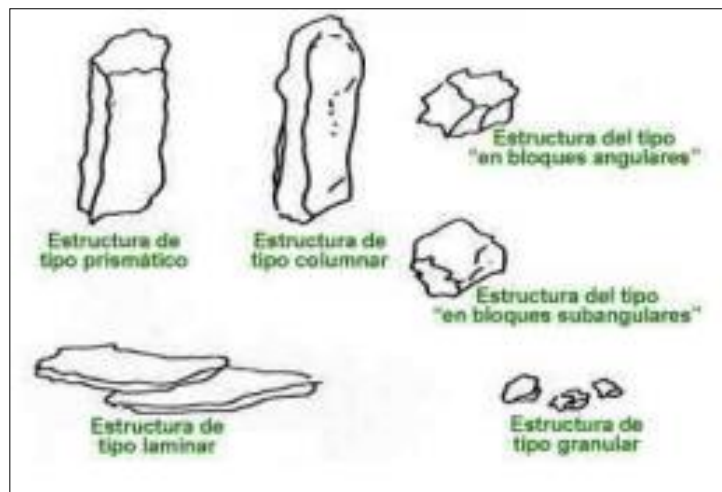
Fuente: (Murcia, 2017)

5.2.3.2 Estructura. Es la disposición y estado de agregación de las partículas del suelo. Las partículas finas del suelo suelen estar unidas formando agregados o grumos, en la mayoría de los casos gracias a la acción de la materia orgánica (el complejo arcilloso-húmico). Los espacios entre estos agregados se llaman poros, por ellos circulan aire y agua. Determinan hasta el 50% del volumen del suelo. Como se ha dicho, normalmente el aire ocupa la mayor parte de los poros grandes y el agua los pequeños. A su vez, los agregados se juntan formando grupos mayores. La forma en que se unen las diversas partículas recibe el nombre de estructura, y tiene gran importancia sobre las propiedades del suelo (igual que la textura) como son la permeabilidad, dureza, aireación. (Murcia, 2017)

- Tipos: según su estructura los suelos se clasifican en:
 - ✓ Sin estructura
 - ✓ Estructura granular, gránulos más o menos esféricos.
 - ✓ Laminar, se forman agregados aplanados
 - ✓ Estructura poliédrica, con agregados poliédricos más o menos regulares. Si tiene aspecto de columnas se llama columnar. (Murcia, 2017)

Figura 3

Tipo de Estructura



Fuente: (Murcia, 2017)

5.2.3.3 Densidad del suelo. En el suelo se consideran dos tipos de densidad: densidad aparente y densidad real.

- Densidad Aparente (d_a): es la masa contenida en una unidad de volumen de una muestra de suelo tal y como es, incluyendo el volumen ocupado por los poros. Para determinarla, se divide el peso de un determinado volumen de tierra secada a estufa por ese volumen de suelo, y se expresa el resultado en Kg/m^3 .
- Densidad Real (d_r): es la densidad de las partículas sólidas del suelo. Se determina dividiendo el peso del suelo secado a estufa por el volumen que ocupan los sólidos.
 - ✓ La densidad real de los minerales más comunes varía de 2.500 a 2.700 Kg/m^3 .
 - ✓ La densidad aparente de los suelos varía según la textura y estructura entre 1.100 y los 1.900 Kg/m^3 . (Educarm, 2015)

5.2.4 Propiedades químicas y microbiológicas del suelo

Son aquellas que pueden observarse y/o medirse a partir de cambios químicos que ocurren en el suelo. Estas propiedades describen el comportamiento de los elementos, sustancias y componentes que integran el suelo; entre ellas están el pH, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), el contenido de materia orgánica (MO) y de elementos (nutritivos o tóxicos).

El pH determina el grado de absorción de iones H^+ por las partículas del suelo e indica si el suelo es alcalino o ácido. Esta propiedad química es el indicador principal en la disponibilidad, movilidad, solubilidad y absorción de nutrientes para las plantas. El valor del pH en el suelo oscila entre 3.5 (muy ácido) a 9.5 (muy alcalino). La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos; para los cultivos agrícolas, el valor del pH ideal se encuentra en 6.5 y 7

La CIC se expresa como la cantidad de cargas negativas presentes en la superficie de los minerales (arcillas e hidróxidos) y componentes orgánicos (materia orgánica) del suelo y representa la cantidad de cationes que la superficie total pueden retener (Ca^{++} , K^+ , Na^+ , etc.). La CIC muestra la habilidad de los suelos para retener cationes y, por lo tanto, la disponibilidad y cantidad potencial de nutrientes para la planta. La unidad de medición de CIC es en centimoles de carga por kg de suelo (cmol/kg) o miliequivalentes de carga por 100 g de suelo (meq/100g desuelo). Un valor de CIC adecuado está entre 15 y 25 cmol/kg o meq/100g de suelo. Los suelos arenosos y/o pobres en materia orgánica suelen tener baja CIC.

La materia orgánica (MO) del suelo procede de los residuos vegetales y animales, ya sea en forma de sus desechos durante su ciclo de vida o sus tejidos después de muertos. La MO se encuentra en diferentes grados de descomposición y se distinguen dos fracciones: lábil y recalcitrante. La fracción lábil resulta más rápida de digerir para los microorganismos, y por lo tanto tiene un plazo de permanencia más corto en el suelo. La fracción recalcitrante o humus, en cambio, es más estable ya que está compuesta de compuestos químicos complejos (ácidos húmicos, fúlvicos y huminas); por lo que su permanencia en el suelo es por un periodo más largo que el de la fracción lábil. Algunos procesos donde interviene el humus son: regulación del pH, disminución de la lixiviación de nutrientes, aumento en la retención del agua, entre otros. La MO de un suelo se calcula a partir del contenido de carbono orgánico de la muestra multiplicada por 1.724, que es un factor que se obtiene de considerar que en promedio la MO contiene un 58% de carbono. El nivel de MO en suelos agrícolas es por lo general menor a 2%.

Los nutrientes en el suelo son sustancias químicas que permiten a las plantas su desarrollo y crecimiento. Cuando estos nutrientes no son suficientes propician que la planta no se desarrolle debidamente, que se vuelva propensa a enfermedades o ataques de insectos. Las plantas necesitan

elementos minerales que se clasifican en macro (N, P,K, S, Mg y Ca) y micronutrientes (Zn, Fe,Mn, Cl, Cu, B y Mo) los primeros se requieren en grandes cantidades y los últimos en muy pequeñas cantidades. (Maria Diaz, 2015)

Tabla 1

Tabla de interpretacion de analisis de suelo

		BAJO	MEDIO	ÓPTIMO	ALTO
pH		< 5	5 – 6	6 – 7	> 7
Ca	Cmol/L	< 4	4 – 6	6 – 15	> 15
Mg		< 1	1 – 3	3 – 6	> 6
K		< 0,2	0,2 – 0,5	0,5 – 0,8	> 0,8
Acidez			0,3 – 1	< 0,3	> 1
Sat. Al	%		10 – 30	< 10	> 30
P	mg/L	< 12	12 – 20	20 – 50	> 50
Fe		< 5	5 – 10	10 – 50	> 50
Cu		< 0,5	0,5 – 1	1 – 20	> 20
Zn		< 2	2 – 3	3 – 10	> 10
Mn		< 5	5 – 10	10 – 50	> 50
B		< 0,2	0,2 – 0,5	0,5 – 1	> 1
S		< 12	12 – 20	20 – 50	> 50
MO		%	< 2	2 – 5	5 – 10
RELACIONES CATIONICAS		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
		2-5	5-25	2,5-15	10-40

Fuente: (Molina, 2002)

5.2.5 Los Procesos Edáficos del suelo

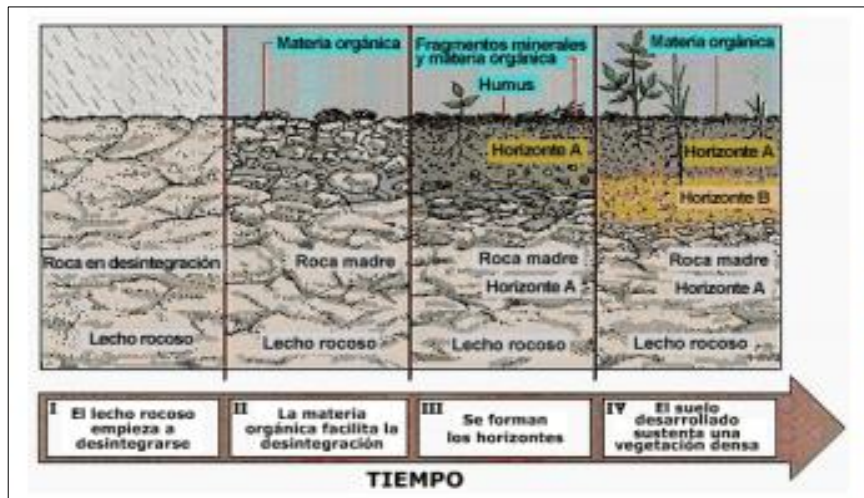
5.2.5.1 Etapas del proceso de formación de un suelo. El primer paso para la formación del suelo es la meteorización de la roca madre debido fundamentalmente a los agentes climáticos, provocando por una parte una disgregación física de sus componentes, y por otra una alteración química de sus constituyentes mineralógicos. Así al cabo de un tiempo la roca está más o menos modificada. *(Murcia, 2017)*

Sobre este sustrato alterado y sobre la roca desnuda se asientan los primeros colonizadores, 1° los líquenes, cianobacterias (fotosíntesis y autótrofas también) y posteriormente los musgos. Estos colonizadores contribuyen a transformar el sustrato sobre el que se asientan. Las bacterias, algas y hongos del suelo liberan sustancias capaces de atacar los compuestos minerales del suelo. Los ácidos liquénicos disuelven la roca permitiendo la absorción de las sales para su nutrición. Todos ellos aportan materia orgánica al suelo con su muerte o restos. *(Murcia, 2017)*

Cuando existe una capa de algunos mm de materia meteorizado pueden aparecer los primeros vegetales con raíz enriqueciendo el suelo (todavía más) en materia orgánica. Los vegetales en sus raíces instaladas en las grietas de las rocas aceleran su meteorización. Al final, al actuar la meteorización física, química y biológica durante un largo periodo de tiempo se va desarrollando un suelo mucho más profundo que alberga todo tipo de vegetales como arboles con raíces de grandes dimensiones. Cuando cesa la evolución del suelo se le llama suelo clímax (punto de máximo desarrollo del suelo y en equilibrio con las condiciones ambientales). El proceso de formación del suelo se llama **edafogenesis**. *(Murcia, 2017)*

Figura 4

Etapas del proceso de formación de un suelo.



Fuente: (Murcia, 2017)

5.2.5.2 Diferenciación del perfil: horizontes del suelo. Se llama perfil de un suelo al corte vertical del suelo que aparece caracterizado por una serie de capas horizontales llamadas "horizontes". Un perfil completo (algunos tipos de suelos no contienen todos los horizontes) consta de los siguientes horizontes:

- **Horizonte A** (horizontes de lixiviación o lavado): generalmente presenta un tono oscuro debido a la abundancia de materia orgánica, es decir es rico en humus; por el contrario, es pobre en minerales solubles ya que el agua de lluvia los disuelve arrastrándolos hacia horizontes inferiores. Es una capa muy importante porque proporciona al suelo los elementos nutritivos para las plantas. Si está muy desarrollado el horizonte A, se le pueden distinguir 3 subniveles: en la superficie del horizonte A suele haber una gran acumulación de materia orgánica poco descompuesta llamado horizonte 0 o A₀, le sigue una zona rica en humus elaborado o A₁ y en el subnivel A₂ predominan los minerales sobre el humus.
- **Horizonte B** (horizonte de precipitación o acumulación) donde se acumulan (precipitan) las sales minerales disueltas provenientes del horizonte A. se caracteriza por tener mayor cantidad de arcilla (el tamaño pequeño de la arcilla hace que pueda ser arrastrada del horizonte A y acumularse en el B, además de la arcilla que ya pudiera haber en el B y que

no provenga del A) y un color más claro que el anterior (por la escasez de materia orgánica y la riqueza de sales minerales). En climas con una clara estación seca se pueden producir costras por la precipitación intensa de minerales.

- **Horizonte C** (o de transición): constituido por la roca madre en proceso de meteorización, es decir, lo conforman fragmentos de la roca madre rodeados de una matriz de naturaleza arenoso-arcillosa antegrada por minerales y de alteración. El suelo crece hacia abajo, ya que al alterarse la roca madre se incorpora al nivel C del suelo.
- **Horizonte D** (o roca madre): roca madre sin alterar. (Murcia, 2017)

Figura 5

Horizonte del suelo.



Fuente: (Educarm, 2015)

5.2.6 Los plaguicidas

Los plaguicidas son compuestos químicos que sirven para combatir los parásitos de los cultivos, del ganado, de los animales domésticos y del hombre y su ambiente. De acuerdo con su actividad biológica pueden clasificarse en insecticidas, fungicidas, herbicidas y rodenticidas según que su toxicidad sea para insectos, hongos, malas hierbas o roedores. También existen los atrayentes, repelentes y esterilizantes de insectos que coadyuvan a su destrucción por medio de estas acciones. (M. J. Sanchez Martin, 2018)

Según su naturaleza química, en principio, pueden clasificarse en inorgánicos y orgánicos.

Los primeros no plantean, en general, una problemática importante desde el punto de vista de su

toxicidad y evolución en el suelo. Por el contrario, en lo que se refiere a los orgánicos, se ha ido desarrollando una amplia gama de productos que plantea problemas de evolución en el complejo sistema del suelo. (M. J. Sanchez Martin, 2018)

Para que un plaguicida alcance un amplio uso en la práctica agrícola, debe reunir determinadas condiciones básicas como:

- Efectividad: debe ser efectivo en la destrucción de la plaga contra la que actúa.
- Selectividad: debe combatir únicamente los organismos dañinos sin perjudicar a la flora o a la fauna beneficiosas.
- Economía: la utilización de un plaguicida debe producir unos beneficios que superen el gasto que supone su utilización. (M. J. Sanchez Martin, 2018)

5.2.6.1 Clasificación. Los pesticidas pueden clasificarse atendiendo a diversos aspectos.

Según el destino de su aplicación pueden considerarse:

- Pesticidas de uso o productos fitosanitarios: los destinados a su utilización en el ámbito de la sanidad vegetal o el control de vegetales.
- Pesticidas de uso ganadero: los destinados a su utilización en el entorno de los animales o en actividades relacionadas con su explotación.
- Pesticidas de uso en la industria alimentaria: los destinados a tratamientos de productos o dispositivos relacionados con la industria alimentaria.
- Pesticidas de uso ambiental: los destinados al saneamiento de locales u otros establecimientos públicos o privados.
- Pesticidas de uso en higiene personal: aquellos preparados útiles para la aplicación directa sobre el hombre.
- Pesticidas de uso doméstico: cualquier preparado destinado para aplicación por personas no especialmente cualificadas en viviendas o locales habitados. (José Bartual Sánchez, 2017)

Las formulaciones o preparados pueden clasificarse según el estado de presentación o sistema utilizado en su aplicación, características que determinan en buena medida la facilidad de penetración en el organismo del individuo expuesto. Según este criterio se pueden considerar los

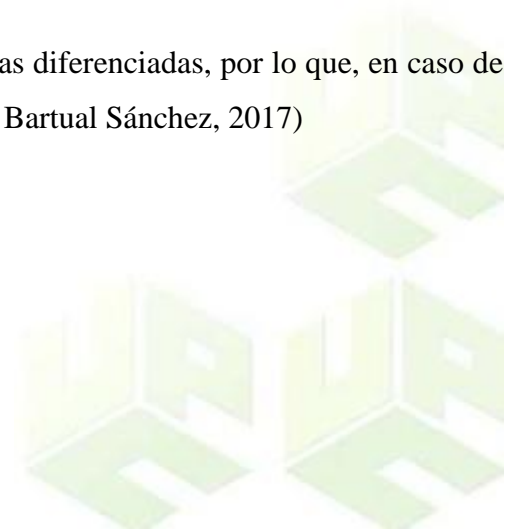
grupos:

- ✓ Gases o gases licuados.
- ✓ Fumigantes y aerosoles.
- ✓ Polvos con diámetro de partícula inferior a 50 μ .
- ✓ Sólidos, excepto los cebos y los preparados en forma de tabletas.
- ✓ Líquidos.
- ✓ Cebos y tabletas. (José Bartual Sánchez, 2017)

Desde el punto de vista de su constitución química, los pesticidas pueden clasificarse en diversos grupos, siendo los más importantes los siguientes:

- Arsenicales.
- Carbamatos.
- Derivados de cumarina.
- Derivados de urea.
- Dinitrocompuestos.
- Organoclorados.
- Organofosforados.
- Organometálicos.
- Piretroides.
- Tiocarbamatos.
- Triazinas.

Algunos de estos grupos engloban varias estructuras diferenciadas, por lo que, en caso de interés, es posible efectuar una subdivisión de estos. (José Bartual Sánchez, 2017)



5.2.6.2 Uso más frecuente de los plaguicidas. El uso de los plaguicidas es múltiple y variado.

La agricultura es la actividad que más emplea este tipo de compuestos, consumiendo hasta el 85 % de la producción mundial, con el fin de mantener un control sobre las plagas que afectan los cultivos. Un 10 % de la producción total de los plaguicidas se emplea en salud pública para el control de las enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria, dengue, enfermedad de Chagas, entre otras; control de roedores, etc. *(Dra. Asela M. del Puerto Rodríguez, 2014)*

La intensificación de la producción de alimentos conduce a menudo a un abuso de plaguicidas. Da lugar a nuevos brotes de plagas (reapariciones), selecciona poblaciones de plagas resistentes (insectos, bacterias y malas hierbas), aumenta los riesgos para la salud humana y el medio ambiente y plantea obstáculos al comercio (residuos). Los países reforman sus políticas para reducir estos problemas y garantizar paralelamente una producción de alimentos intensificada mediante la aplicación de alternativas a los plaguicidas. *(Dra. Asela M. del Puerto Rodríguez, 2014)*

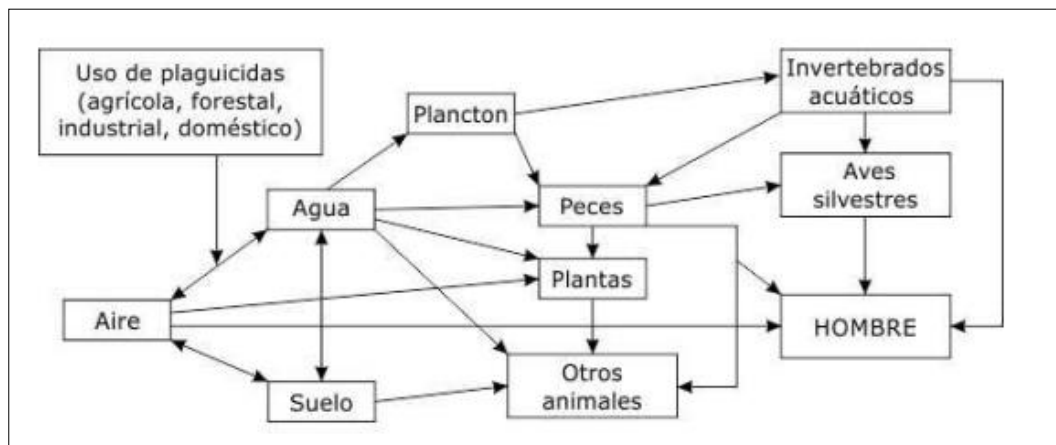
También se emplean en la ganadería y en el cuidado de animales de cría y domésticos; en el control de plagas de grandes estructuras como barcos, aviones, trenes, edificios y centros comerciales. Se aplican en áreas verdes ornamentales y de recreo como parques y jardines, para controlar la proliferación de insectos, hongos y el crecimiento de hierba y maleza. Con el mismo fin, se esparcen a lo largo de autopistas, vías férreas y torres con líneas de corriente de alta tensión. *(Dra. Asela M. del Puerto Rodríguez, 2014)*



5.2.6.3 Efectos de los plaguicidas sobre el medio ambiente. La contaminación ambiental por plaguicidas está dada fundamentalmente por aplicaciones directas en los cultivos agrícolas, lavado inadecuado de tanques contenedores, filtraciones en los depósitos de almacenamiento y residuos descargados y dispuestos en el suelo, derrames accidentales, el uso inadecuado de los mismos por parte de la población, que frecuentemente son empleados para contener agua y alimentos en los hogares ante el desconocimiento de los efectos adversos que provocan en la salud. La unión de estos factores provoca su distribución en la naturaleza. Los restos de estos plaguicidas se dispersan en el ambiente y se convierten en contaminantes para los sistemas biótico (animales y plantas principalmente) y abiótico (suelo, aire y agua) amenazando su estabilidad y representando un peligro de salud pública (Fig. 1). Factores como sus propiedades físicas y químicas, el clima, las condiciones geomorfológicas de los suelos y las condiciones hidrogeológicas y meteorológicas de las zonas, definen la ruta que siguen los mismos en el ambiente. *(Dra. Asela M. del Puerto Rodríguez, 2014)*

Grafica 1

Distribución de los plaguicidas en el sistema biótico y abiótico.



Fuente: *(Dra. Asela M. del Puerto Rodríguez, 2014)*

El grado de lixiviación (el movimiento de las sustancias a través de las fases del suelo) depende de la solubilidad del compuesto en agua, de su naturaleza química y del valor del pH del suelo, que se favorece por la capacidad de adsorción de este, esto varía principalmente por el porcentaje de arcillas, arenas y limos presentes en el, por las altas temperaturas y por la

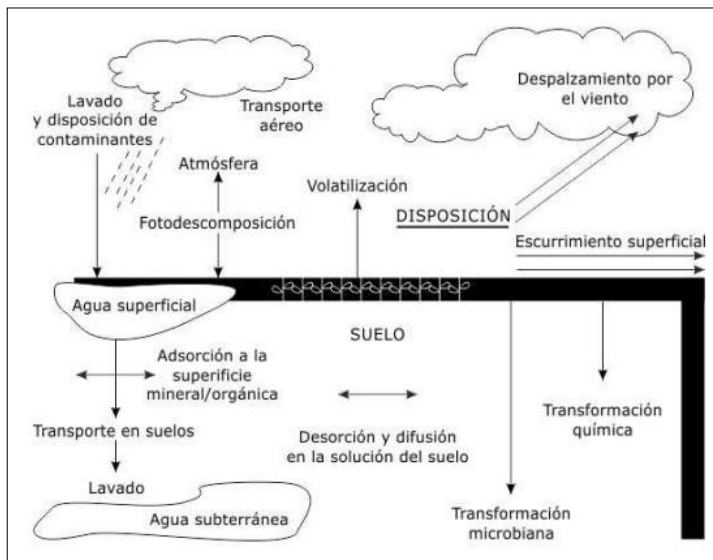
precipitación pluvial. (Dra. Asela M. del Puerto Rodríguez, 2014)

Lo anterior también es decisivo para determinar la distribución del material en la biosfera, pues las plantas y los microorganismos no pueden recibir directamente los compuestos adsorbidos sobre las partículas del suelo. Este proceso está en equilibrio con la eliminación (desorción) del compuesto en la solución del suelo. La distribución de un plaguicida en la biofase (plantas y microorganismos) depende de la capacidad de absorción de esta y de la naturaleza del suelo. Un suelo con gran capacidad de absorción puede conducir a la inactividad total del plaguicida, ya que nunca penetrara en la plaga. (Dra. Asela M. del Puerto Rodríguez, 2014)

Cuando los plaguicidas ingresan en las cadenas alimentarias se distribuyen a través de ellas, se concentran en cada nicho ecológico y se acumulan sucesivamente hasta que alcanzan una concentración letal para algún organismo constituyente de la cadena, o bien hasta que llegan a niveles superiores de la red trófica. (Dra. Asela M. del Puerto Rodríguez, 2014)

Grafica 2

Introducción de los plaguicidas en la Cadena alimenticia.



Fuente: (Dra. Asela M. del Puerto Rodríguez, 2014)

- Contaminación del suelo por plaguicidas: La contaminación del suelo se debe tanto a tratamientos específicos (por ejemplo: insecticidas aplicados al suelo), como a contaminaciones provenientes de tratamientos al caer al suelo el excedente de los plaguicidas, o ser arrastradas por las lluvias las partículas depositadas en las plantas.

La mayoría de los herbicidas, los derivados fosforados y los carbamatos, sufren degradaciones microbianas y sus residuos desaparecen en tiempo relativamente corto. En la acumulación de residuos de plaguicidas influye el tipo de suelo; los arcillosos y orgánicos retienen más residuos que los arenosos. Los mayores riesgos se presentan con la aplicación de algunos plaguicidas organoclorados, que son de eliminación más difícil, persistiendo en el suelo más tiempo.

La persistencia de los clorados en el humus o mantillo no se mide en meses, sino en años (Ej. El aldrín se ha encontrado después de 4 años, el toxafeno permanece en el suelo arenoso hasta 10 años después de su aplicación, el hexaclorobencen se conserva durante 11 años por lo menos, y así pasa con el heptacloro, etc.).

La evaluación del grado de contaminación del suelo por plaguicidas es de gran importancia por la transferencia de ellos a los alimentos. Algunos pueden permanecer durante períodos de 5 a 30 años, como es el caso del DDT. En el caso de la ganadería, los residuos de plaguicidas pasan del suelo al forraje y finalmente a los animales, concentrándose en la grasa, y por consiguiente, incrementan la concentración de residuos persistentes en la carne y la leche. (Dra. Asela M. del Puerto Rodríguez, 2014)



5.2.6.4 Metil Paratión. Es un plaguicida usado para matar insectos en cosechas agrícolas. Generalmente se aplica en forma de rocío sobre las cosechas. El metil paratión está disponible en dos formas: en forma de cristales blancos puros y en forma de una solución de calidad técnica (líquido pardo), que contiene metil paratión (80%) e ingredientes inertes en un solvente. El metil paratión de calidad técnica huele a huevos podridos o ajo. El metil paratión es una sustancia manufacturada, consecuentemente, se encuentra en el ambiente solamente a causa de su manufactura o uso. El metil paratión se ha fabricado en Estados Unidos desde el año 1952 y, desde esa fecha, se ha usado para matar insectos en muchos tipos de cosechas. Debido a que el metil paratión puede ser perjudicial para seres humanos, la EPA ha restringido sus usos y aplicaciones. El metil paratión debe ser rociado sobre las cosechas desde el aire o desde el suelo de manera tal que el riesgo de exposición sea mínimo. Además, sólo se permite que personas autorizadas lo rocíen. El metil paratión ya no es usado en cosechas de alimentos consumidos comúnmente por los niños, y la cantidad máxima de metil paratión que puede estar presente como residuo en cosechas específicas está reglamentada. De esta forma, la exposición al metil paratión puede ser controlada y se pueden prevenir las exposiciones accidentales. (Departamento de Salud y servicios Humanos de EE. UU., 2001).



5.2.6.4.1 Interacción del metil paratión con el medio ambiente. Una vez que el metil paratión entra al ambiente al ser rociado sobre cosechas, pequeñas gotas de metil paratión en el aire caen al suelo, sobre las plantas o el agua. La mayor parte del metil paratión permanecerá en las áreas donde se aplica, pero cierta cantidad puede ser movilizad a áreas distantes por la lluvia, la niebla y el viento. El metil paratión permanece en el ambiente días o meses. Es degradado a otras sustancias por el agua, la luz solar y por bacterias que se encuentran en el suelo y en el agua. En el suelo, el metil paratión se adhiere al suelo y luego es degradado rápidamente por bacterias. Generalmente no se moviliza a través del suelo hacia el agua subterránea. En el agua, el metil paratión es degradado rápidamente por la acción del agua, por bacterias en el agua y por la luz solar. En el agua y el aire, el metil paratión es degradado por la luz solar a una sustancia más tóxica llamada paraoxón. Si el metil paratión se encuentra en el suelo en altas cantidades, como puede ocurrir en vertederos y en sitios de desechos peligrosos, puede no degradarse tan rápidamente. (Departamento de Salud y servicios Humanos de EE. UU., 2001).

5.2.6.5 Toxafeno. El Toxafeno es producido al reaccionar cloro gaseoso con una sustancia llamada canfeno. El producto de la reacción (toxafeno) es una mezcla de cientos de diferentes canfenos clorados y de otros terpenos clorados relacionados.

El toxafeno generalmente se encuentra en forma de sólido o gas. En su forma original, el toxafeno es un sólido ceroso de color amarillo a ámbar con aroma a pinos.

El toxafeno fue uno de los pesticidas más usados en los Estados Unidos en la década de los 1970s y principios de los 1980s. Se usó principalmente para controlar insectos en cosechas de algodón y otras cosechas en el sur de los Estados Unidos. También se usó para controlar insectos en el ganado y para eliminar peces indeseables en lagos.

Todos los usos del toxafeno se prohibieron el año 1990. (Departamento de Salud y servicios Humanos de EE. UU., 2001).

5.2.6.5.1 Interacción del toxafeno con el Ambiente. Cuando el toxafeno es liberado al ambiente, puede entrar al aire “ (por evaporación) “, al suelo “ (adheriéndose a partículas en el suelo) “ y al agua (en flujo de escorrentía después de lluvias). El toxafeno es poco soluble en agua, por lo que es más probable encontrarlo en el aire, el suelo o en sedimento en el fondo de lagos y arroyos. El toxafeno se ha encontrado en agua, suelo, sedimento, aire y en animales en lugares lejos de donde se usó. Esto demuestra que el toxafeno puede ser transportado largas distancias en el aire. (Departamento de Salud y servicios Humanos de EE. UU., 2001)

5.2.7 La Lombricultura

La Lombricultura es un sistema de explotación, así como lo menciona Compagnoni, L. y Putzolu G. (1995), es una biotecnología que, por medio de una especie de lombriz, se recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como producto de este trabajo humus, carne y harina de lombriz.

Esta actividad zootécnica, permite perfeccionar todos los sistemas de producción agrícola. La Lombricultura es un negocio en expansión, y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos de las zonas rurales. (Cubides, 2014)

El estiércol de estas lombrices tiene cuatro veces más nitrógeno, veinticinco veces más fósforo, y dos veces y media más potasio que el mismo peso del estiércol bovino; ningún abono orgánico similar lo iguala, presentando un conteo bacteria benéfico de bacterias aeróbicas, hongos y actinomicetos; también adiciona vitaminas, fitohormonas y enzimas las cuales tienen una relación directa con la disponibilidad de nutrientes para las plantas, además de una duración ilimitada que lo hace único entre los abonos orgánicos. (Cubides, 2014)

5.2.7.1 Clasificación Taxonómica.

- Reino: Animal
- Tipo: Anélido
- Clase: Oligoqueto
- Orden: Opisthoro
- Familia: Lombricidae
- Género: Eisenia

➤ Especie: *E. foetida*

Eisenia Foetida es la lombriz más conocida y empleada en más del 80% de los criaderos del mundo. (Agromeat, 2017)

5.2.7.2 Hábitat. Bollo, E. (1999), reporta que la lombriz habita en los primeros 50 cm. del suelo, por tanto, es muy susceptible a cambios climáticos. Es fotofóbica, los rayos ultravioletas pueden perjudicarla gravemente, además de la excesiva humedad, la acidez del medio y la incorrecta alimentación. Cuando la lombriz cava túneles en el suelo blando y húmedo, succiona o chupa la tierra con la faringe evaginada o bulbo musculoso. Digiere de ella las partículas vegetales o animales en descomposición y vuelve a la superficie a expulsar por el ano la tierra. (Cubides, 2014)

5.2.7.3 Ciclo de vida y reproducción. Fajardo, V. (2002), nos revela que son hermafroditas, no se auto fecundan, por tanto, es necesaria la cópula, la cual ocurre cada 7 o 10 días. Luego cada individuo coloca una cápsula (huevo en forma de pera de color amarillento) de unos 2 mm. De la cual emergen de 2 a 21 lombrices después de un periodo de incubación de 14 a 21 días, dependiendo de la alimentación y de los cuidados. Durante el acoplamiento giran en sentidos opuestos, se contactan los aparatos masculinos y femeninos de cada lombriz y reciben mutuamente esperma. La actividad sexual está disminuida en los meses muy calurosos, como también en los meses demasiado fríos. Logra su madurez sexual a los tres meses, pero se considera adulta a los siete meses de su nacimiento. Una lombriz roja puede producir anualmente en condiciones normales de humedad y temperatura 1500 lombrices. Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas y a los 120 días ya se parecen a las adultas siendo de color rojizo y estando en condiciones de aparearse. (Cubides, 2014)

5.2.7.4 Humedad. Será del 80% para facilitar la ingestión de alimento y el deslizamiento a través del material. Si la humedad no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz. Las lombrices toman el alimento chupándolo, por tanto, la falta de humedad les imposibilita dicha operación. El exceso de humedad origina empapamiento y una oxigenación deficiente. (Cubides, 2014). Los sistemas de riego empleados son el manual y por aspersión. El manual consta de una manguera de goma de características variables según la función de los lechos. Por su sencillez es muy difundido, pero requiere un trabajador implicado exclusivamente en esta labor. El riego por aspersión requiere mayor inversión, ha visto diversas modalidades según su disposición en los 25 lechos. Si el contenido de sales y de sodio en el agua de riego son muy elevados darán lugar a una disminución en el valor nutritivo del vermicompost. Los encharcamientos deben evitarse, y a que un exceso de agua desplaza el aire del material y provoca fermentación anaeróbica. (Cubides, 2014)

5.2.7.5 Temperatura. El rango óptimo de temperaturas para el crecimiento de las lombrices oscila entre 12-25° C; y para la formación de cocones entre 12 y 15° C. Durante el verano si la temperatura es muy elevada, se recurrirá a riegos más frecuentes, manteniendo los lechos libres de malas hierbas, procurando que las lombrices no emigren buscando ambientes más frescos. (Cubides, 2014)

5.2.7.6 PH. Cajas F. (2009) menciona que el pH óptimo para su desarrollo está en un rango de 7 a 8. Es indispensable efectuar la prueba de acidez cada vez que se recibe una nueva partida de material orgánico con la finalidad de controlar su envejecimiento y su estado de descomposición. Se utiliza papel tornasol o el potenciómetro para determinar el valor de acidez o basicidad del sustrato. (Cubides, 2014). Cajas F. (2009) Para esta prueba se toma con la mano una muestra muy húmeda estiércol; se introduce una tira de dicho papel en medio del estiércol; se introduce una tira de dicho papel en medio del estiércol y se mantiene la mano cerrada durante 20 a 30 segundos; luego se compara la coloración obtenida con la escala de colores que trae el empaque. Si el pH es ácido, se desarrollarán en el sustrato la plaga conocida comúnmente como planaria. (Cubides, 2014)

5.2.7.7 Aeración. Es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices. Si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además del apareamiento y reproducción debido a la compactación. Dentro del lecho debe existir un adecuado intercambio gaseoso, el cual está relacionado con la textura del sustrato. La presencia de material altamente compacto o los excesos de agua que saturan los poros del lecho producen una disminución de O₂ peligrosa para la supervivencia del animal, se debe evitar el uso de plásticos tanto en el fondo del lecho como de cubierta usar como protectores materiales como costal, paja, hojas de plátano entre otras. *(Cubides, 2014)*

5.2.7.8 Alimentación. Fajardo, V. (2002), señala que las lombrices comen casi cualquier sustancia orgánica putrefacta y son muy golosas para las azúcares, las sales y la celulosa. Cuanto más fino sea el granulado de la comida, menor dificultad tendrá para ingerirla y por tanto mayor será la producción de humus; es indispensable que el granjero triture el alimento antes de suministrarlo, para acelerar el proceso de degradación y mejorar la textura. *(Cubides, 2014)*

Como son muy voraces y les encanta la celulosa aceptan el papel y el cartón siempre y cuando estén bien humedecidos. Se les puede dar viruta y aserrín de madera que proceda de árboles pobres de resina y bajos e taninos (las virutas de madera roja poseen altas cantidades), pues el exceso de esta sustancia es tóxico para las lombrices. También aceptan muy bien el estiércol previo un tratamiento de maduración. *(Cubides, 2014)*.

La calidad del alimento influye en la producción y fecundidad de las cápsulas, si la lombriz es trasladada periódicamente a alimentos frescos la producción de cápsulas y la fecundidad aumentan, la adición constate de alimentos frescos incrementan su peso y producción. *(Cubides, 2014)*

Se asegura que la calidad de la alimentación influye mucho sobre la reproducción Romero, F. (2004), quien alimentó con residuos de cocina y obtuvo resultados de 21145 anélidos y León, P. (2002) quien alcanzó 15563 (en 90 días iniciando con un promedio de 3300). *(Cubides, 2014)*

5.2.7.9 Humus. Según Aguilera (2009) la lombriz *Eisenia Foetida* presenta la capacidad de humificar en un período de horas, el material orgánico ingerido, este proceso se inicia con la fragmentación y mineralización enzimática del material consumido, con lo cual se obtiene fragmentos de moléculas orgánicas complejas de nitrógeno y minerales.

Esta primera etapa comienza en la actividad bucal y termina en la molleja. A continuación, el material orgánico degradado pasa por la fracción intestinal donde es colonizado por una alta carga microbiana simbiótica la cual forma a partir de estos materiales, complejos amorfos coloidales que son expulsados como deyecciones que reciben el nombre de humus de lombriz. (Cubides, 2014)



5.3 Marco Conceptual

A continuación, se definen los conceptos involucrados en el desarrollo de este trabajo:

Contaminación Ambiental: La contaminación es la presencia o incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos que son perjudiciales para el hombre o los ecosistemas (seres vivos). Existen diferentes tipos de contaminación, Los tipos de contaminación más importantes son los que afectan a los recursos naturales básicos: el aire, los suelos y el agua. (Bermudez, 2010)

Contaminación del suelo: Cuando en el suelo se deposita de forma voluntaria o accidental diversos productos como papel, vidrio, plástico, materia orgánica, solventes, plaguicidas, peligrosos o sustancias radioactivas, etc. (Bermudez, 2010)

Humus: es la materia orgánica de los suelos o “SOM” (descompuesta), no la que aparece en los horizontes orgánicos de los que hablamos con anterioridad en las dos contribuciones precedentes sobre los horizontes orgánicos de los suelos forestales y de los horizontes orgánicos de diagnóstico en la clasificación de los suelos. (Ibañez, 2011)

Humus de Lombriz: El humus de lombriz es un fertilizante de primer orden, protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características fisicoquímicas del suelo, de su estructura (haciéndolo más permeable al agua y al aire), aumentando la retención hídrica, regulando el incremento y la actividad de los nitritos del suelo, y la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas de forma equilibrada (nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y boro). (Y, 2012)

Lombriz Roja Californiana: La lombriz de tierra pertenece al grupo de los invertebrados anélidos, que tienen el cuerpo formado por numerosos anillos. Tiene un sistema muscular muy desarrollado, por medio del cual puede ejecutar movimientos en todos los sentidos. (Yague, 2017)

Lombricultura: es un proceso de estabilización y bio oxidación de material orgánico, que

involucra la acción de los gusanos y los microorganismos sin una etapa termófila. (Y, 2012)

Medio Ambiente: Marco animado e inanimado en el que se desarrolla la vida de los seres vivos. Abarca seres humanos, animales, plantas, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos, así como los valores de estética, ciencias naturales e histórico culturales. (Y, 2012)

pH: Una escala que permite clasificar las sustancias según su tenor ácido (valores inferiores a 7) o alcalino (valores superiores a 7, hasta 14 -muy alcalino). (Y, 2012)

Plaguicidas: Se usan para exterminar plagas de insectos. Actúan sobre larvas, huevos o insectos adultos. Uno de los insecticidas más usados es el DDT, que se caracteriza por ser muy rápido. Trabaja por contacto y es absorbido por la cutícula de los insectos, provocándoles la muerte. Este insecticida puede mantenerse por 10 años o más en los suelos y no se descompone. (Bermudez, 2010)

Recuperación: El concepto de recuperación presenta una doble vertiente que hace que incluso su definición sea problemática. En el sentido académico y profesional alude al “proceso en el cual la gente es capaz de vivir, trabajar, aprender y participar de lleno en su comunidad. Para algunos individuos la recuperación es la capacidad de vivir una vida plena y productiva pese a seguir teniendo una discapacidad. Para otros, la recuperación implica la reducción o completa remisión de los síntomas”. (Druetta, 2011)

Suelo: El suelo es la capa superficial de la tierra y constituye el medio en el cual crecen las plantas. Es capaz de aportar los nutrientes fundamentales para el crecimiento de los vegetales y almacenar agua de lluvias cediéndola a las plantas a medida que la necesitan. (Pereira, 2015)

5.4 Marco Contextual

5.4.1 Caracolicito

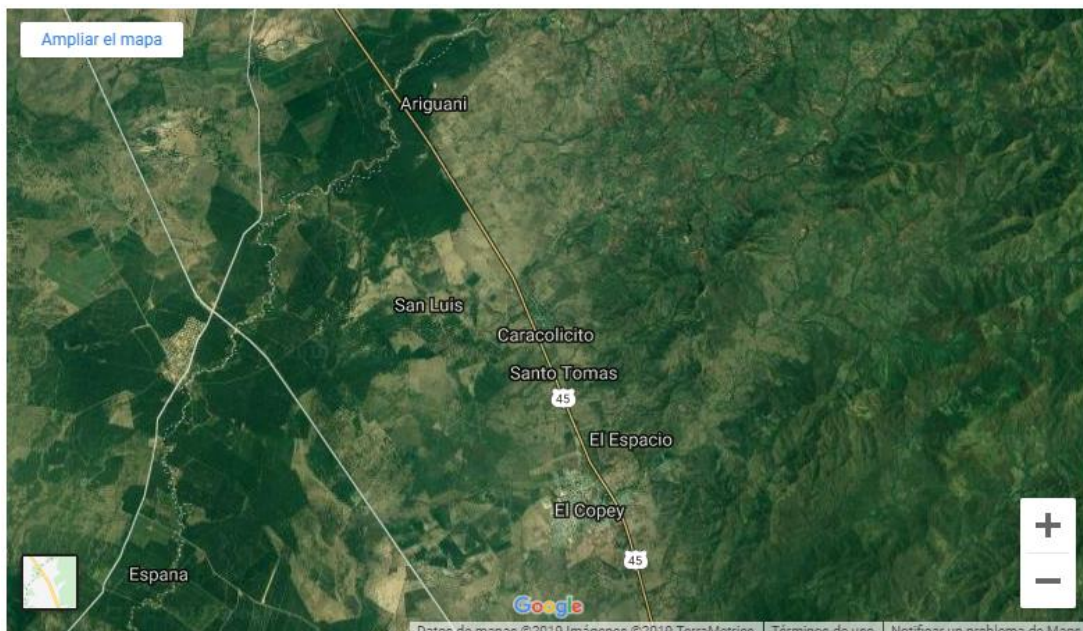
La estructura urbana del corregimiento de Caracolicito es alargada localizada entre la antigua Vía el Copey-Fundación y la Carretera Nueva El Copey-Loma del Bálsamo, compuesto por 82 manzanas con tendencias ortogonales entre 67 carreras y 20 calles dentro del área urbana se localizan 211 Viviendas y posee registros de una formación catastral de 461 predios urbanos. Geográficamente el predio de la “central algodonera” en liquidación “CENALGODON” se encuentra ubicado en el Corregimiento de Caracolicito, en el Municipio de El Copey al Noroccidente del Departamento del Cesar, en la margen derecha de la vía de El Copey – Caracolicito, por la antigua carretera Nacional. El predio tiene un área aproximada de 7.0 Ha. Corregimiento Caracolicito (lugar poblado), Departamento del Cesar Municipio: El Copey. Latitud: 10.1949 Longitud: -73.9703. (Decanato, 2009)

- **FAUNA Y FLORA:** Sobresale la presencia de animales (algunos en vía de extinción), como el zaino, el conejo, armadillo, el ñeque, la guartinaja, iguana, hicotéa, y también hay aves comestibles como la codorniz, torcaza, tierrelitas, gallina, pavos, patos, y otros. Posee variedades de árboles como el mango, tamarindo, almendro, ceiba, roble, guayacán y el árbol del caracolí.
- **CLIMA:** Se caracteriza por presentar un clima templado, cálido y seco, con temperaturas promedio de 28°C a 35°, con dos periodos muy marcados en lluvia que van de abril a junio y de septiembre a noviembre, y los periodos secos en los meses de diciembre a febrero y de junio a agosto.
- **TOPOGRAFIA:** En el corregimiento se localizan alturas sobre el nivel del mar que van desde los 100 mts hasta los 600 mts. Caracolicito está localizado sobre terrenos planos, ligeramente inclinado y con algunas colinas con elevaciones de 30 a 40 mts.

- **HIDROGRAFIA:** Tiene como su principal arteria fluvial, el río “Ariguani” y su afluente el río Ariguanicito, donde recorre regiones agrícolas muy importantes. Se cuenta aún con el arroyo que lo atraviesa y la quebrada “el salto”, pero actualmente presentan un caudal muy reducido debido al deterioro ambiental. (Movasu, 2015)
- **AGRICULTURA Y GANADERÍA:** La agricultura tradicional en Caracolicito está basada principalmente siembra de pan coger como la yuca, ñame, maíz, frijol, patilla, ahuyama, ají y también en pequeñas escalas la palma africana.
En épocas anteriores se daba la siembra de cultivos transitorios como el algodón, el sorgo y el ajonjolí; respecto a la ganadería tenemos que decir, que tradicionalmente se ha caracterizado por la cría de ganado bovino, el ovino y porcino, que se utiliza para obtener alimentos como la carne y la leche.

Foto 1

Ubicación del corregimiento Caracolicito - El Copey



Fuente: (maps, 2019)

5.5 Marco Legal

Se ordenará la normatividad relacionada en forma secuencial, considerando su orden jerárquico y año

Tabla 2

Normatividad sobre el tema

Normatividad	Descripción
Constitución política de Colombia 1991	Es la <u>carta magna</u> de la República de <u>Colombia</u> . Fue promulgada en la Gaceta Constitucional número 114 del jueves 4 de julio de 1991, y también se le conoce como la Constitución de los Derechos Humanos .
Ley 23 de 1973	El objeto de esta ley es prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y bienestar de los habitantes del territorio nacional.
Ley 9 de 1979	Ley reglamentada por el Ministerio de Salud en el Decreto 1843 del 22 de julio de 1.991, el cual a partir de unas nuevas disposiciones generales y definiciones, constituye el marco que rige en la actualidad las actividades relacionadas con plaguicidas

	en aspectos tales como la producción, proceso y formulación, almacenamiento, distribución, transporte, aplicación aérea de plaguicidas y las medidas de protección del ambiente y de las personas.
Decreto 2811 de 1974	Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Establece los criterios generales sobre la protección a los recursos renovables y al medio ambiente.
Decreto 1974 de 1989	En dicho Decreto se indica en el Capítulo V Numeral 4 la recuperación para la producción de los suelos y cuerpos de agua que presentan procesos de contaminación por manejo inadecuado de agroquímicos.
Decreto 1843 de 1991	originario del Ministerio de Salud Pública, reglamenta el control y vigilancia epidemiológica en el uso y manejo de plaguicidas, con el objeto de evitar que afecten la salud de la comunidad, la sanidad animal y vegetal o causen deterioro en el ambiente. Igualmente, se establecen controles para las diferentes actividades relacionadas con los plaguicidas y se precisa el concepto toxicológico como una condición previa de los requisitos para la licencia de venta establecida por el ICA.
Resolución 1068 de 1966	del ICA, la cual adopta el manual técnico en aplicación de insumos agrícolas (conforme con el artículo 27 de la Resolución 3079 del ICA del 19 de octubre de 1.995). Con esta

resolución se asignan responsabilidades a los agricultores, propietarios de bodegas de vegetales almacenados y profesionales que recomienden o prescriban plaguicidas de uso agrícola, entre otros aspectos.



6. Marco Metodológico

En este ítem se va a tener en cuenta las metodologías necesarias para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos establecidos de esta investigación, el cual hace referencia al uso del humus de lombriz en suelos contaminados por el uso de plaguicidas en la central algodonera en el corregimiento de Caracolicito, El Copey.

6.1 Línea y Sublínea de Investigación

6.1.1 Línea:

Sostenibilidad y gestión ambiental

6.1.2 Sub-línea:

Suelo

6.2 Tipo de Investigación

Este proyecto corresponde a un tipo de investigación aplicada con una profundización de aplicación descriptiva - longitudinal, ya que esta investigación pertenece a un estudio de las propiedades del suelo con seguimiento de campo analizando las variables que se presentan en el proceso de recuperación del suelo.

6.3 Nivel de Investigación

Este proyecto corresponde a un nivel de investigación descriptivo

6.4 Población de Estudio

La investigación se llevará a cabo en los suelos pertenecientes a la central algodonera en el corregimiento de Caracolcito – El Copey, mediante pruebas piloto, análisis de campo y laboratorio.

6.5 Muestra Poblacional

Se habilitarán 3 camas de 34 cm de largo x 13 cm de profundidad y 26 de ancho donde se agregarán las muestras de suelo

6.6 Tipo de Muestreo

El tipo de muestro que se implementara en el proyecto es muestreo compuesto ya que esta se trata de mezclar las muestras tomadas en un área determinada para obtener una sola que presumiblemente representa al total. Tiene la ventaja de que permite un muestreo mayor sin aumentar el número de análisis.

6.7 Desarrollo Metodológico

Para el desarrollo de este proyecto se realizará en forma secuencial como se encuentran organizados los objetivos propuestos

- **Etapla 1:** Identificación de las características físico-químicas del suelo afectado por el uso y manejo de plaguicidas

✓ **Actividad 1.1:** Toma y análisis de muestra de suelo

Descripción: Se tomará una muestra representativa del suelo afectado que pasara por una serie de procesos, los cuales son necesarios para el desarrollo de este proyecto. Con fin de que los resultados, sean lo más claros y veraz posible, esta actividad se llevara a cabo a través de un laboratorio especializado y certificado.

- ✓ **Actividad 1.2:** Determinar las características taxonómicas de los contaminantes (plaguicidas).

Descripción: Es de vital importancia saber cuáles son los contaminantes y componentes que están afectando el suelo, para tener mayor claridad a la hora de implementar el proyecto como tal. Además, sabiendo las características de estos contaminantes, podemos identificar el grado de deterioro en el que se encuentra el suelo. Esto lo determinaremos mediante información que se obtenga con respecto a estos contaminantes, esta información la podemos encontrar en la web, libros o documentación relacionada con el tema a tratar.

- ✓ **Actividad 1.3:** Identificar los parámetros fisicoquímicos que se encuentran afectados en ese suelo.

Descripción: Una vez arrojado los resultados del análisis de la muestra, esta nos permite identificar cuáles son los parámetros de ese suelo que se encuentran afectados, lo cual nos ayuda a delimitar el trabajo, ya que, con estos resultados, seremos puntuales y sabremos en que debemos enfatizar para llegar al fin de este proyecto que es la recuperación de este suelo.

El estudio de las características físicas y químicas se hará a escala de laboratorio y campo, este procedimiento se hará por medio de toma de muestra mediante el muestreo compuesto y estas muestras tomadas serán analizadas en el laboratorio de la Universidad Nacional de Medellín.

- **Etapas 2:** Implementación del método de tratamiento biológico (biodegradación asistida) para la aplicación del humus de lombriz en el suelo contaminado por el uso de plaguicidas.

- ✓ **Actividad 2.1:** Selección de muestra para la elaboración de camas de cultivo

Descripción: con ayuda de los resultados obtenidos del laboratorio físico-químico volvemos al sitio de estudio y procedemos a tomar varias muestras representativas

del suelo, haciendo un delineamiento del lugar para que todas las muestras tomadas sean del mismo sitio para garantizar unos resultados efectivos.

✓ **Actividad 2.2:** Elaboración de camas de cultivo

Descripción: Luego de tomar varias muestras representativas del suelo, procedemos hacer e instalar las camas de cultivos los cuales por lo general son espacios cuadrados o rectangulares, se utilizarán tanques grandes de plásticos, los cuales instalaremos 3 para mejores resultados.

✓ **Actividad 2.3:** Siembra de camas de cultivo

Descripción: Ya estando las camas instaladas se procederá a distribuir uniformemente en las 3 camas establecidas la muestra del suelo, donde en la primera cama solo agregaremos la muestra del suelo y este será el testigo, en la segunda cama se agregará la muestra de suelo y solo el humus de lombriz y en la tercera cama se agregará la muestra del suelo con el humus de lombriz y una proporción significativa de lombrices este con el fin de mirar y comparar la eficiencia que tuvo.

- **Etapa 3:** Estimar el crecimiento y efecto de la lombriz roja californiana en los primeros estados de la recuperación del suelo.

✓ **Actividad 3.1:** Monitorear el proceso de la lombriz en el suelo a tratar.

Descripción: Para evaluar el estado del suelo con la siembra de lombriz roja californiana, llevaremos a cabo un monitoreo periódico, por medio del cual verificaremos el proceso que esta haya tenido desde el primer día de su montura, hasta cuando hayamos cumplido con el objetivo deseado. En este monitoreo, se evaluará su crecimiento y generación de humus y como este humus ayuda a recuperar los nutrientes que el suelo ha perdido.

- ✓ **Actividad 3.2:** Comparar el suelo que contiene la lombriz roja californiana con el suelo que no

Descripción: Esta actividad, nos ayudara mucho, ya que, por medio de esta comparación, verificaremos que tan bueno es el proceso e identificaremos los niveles de evolución que este ha tenido a lo largo del tiempo de implementación. Tomaremos en cuentas las características de la muestra de suelo que no contiene las lombrices y las evaluaremos con las características de suelo que si las contiene y así definir si el proceso es beneficioso o no.

- **Etapa 4:** Evaluar la eficiencia de la recuperación del suelo mediante la siembra de una plántula.

- ✓ **Actividad 4.1:** Siembra de la Plántula.

Descripción: En esta actividad se sembrará una Plántula de la especie Phaseolus Vulgaris “(frijol)”, cuyas características taxonómicas le permiten crecer en cualquier clima. con el fin de observar la eficiencia que tiene la recuperación de suelo.



7. Resultados y Análisis

7.1 Etapa 1:

Identificación de las características fisicoquímicas del suelo afectado por el uso y manejo de plaguicidas

7.1.1 Toma y análisis de muestra de suelo

Foto 2

extracción del suelo



Se tomó una muestra representativa del suelo afectado en la central algodonera en el Corregimiento de Caracolcito – el Copey, para realizar esta toma de muestra de suelo se utilizó el tipo de muestreo en zig-zag, donde tomamos varias muestra a lo largo y ancho del terreno de estudio, se utilizó una paladraga, pala y se hizo un hueco de profundidad de alrededor de 20 cm, esa muestra de suelo extraída de los diferentes lugares seleccionados del terreno se agregó en un

balde y se mezcló hasta tener una muestra compuesta homogénea, después de hacer este proceso se tomaron 2 muestra de alrededor de 1 kilo cada una para enviarlos al laboratorio escogido por nosotras para hacer la realización del estudio de fertilidad del suelo y determinar si el suelo tiene presencia de plaguicidas.

7.1.2 Características físico-químicas del suelo

Teniendo en cuenta los resultados del laboratorio físico-químico que se le realizaron a la muestra inicial podemos determinar que el suelo se encuentra con un déficit de nutrientes para que este pueda ser fértil y por lo consiguiente no es apto para cultivo. **Ver anexo (1)**

Donde los resultados fueron los siguientes:

Tabla 3

Resultado de laboratorio fisico-quimico inicial

ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL SUELO INICIAL	
A%	54
L%	14
Ar%	32
pH	6.3
M.O%	0.68
Ca	10.1
Mg	1.4
K	0.3
Na	0.1
P	13
S	4
Fe	32
Mn	9.3
Cu	0.6
Zn	0.5
B	0.2

Textura del suelo

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el primer laboratorio hacemos una comparación con los valores óptimos permitidos para que el suelo sea fértil obtuvimos los siguientes resultados

Tabla 4

Tablas de comparación de resultados valores óptimos con laboratorio inicial

Tabla de Interpretación de análisis de suelo		ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL SUELO INICIAL	
Parámetro	Valores óptimos		
pH	6 – 7	pH	6.3
M.O%	5 – 10	M.O%	0.68
Ca	6 – 15	Ca	10.1
Mg	3 – 6	Mg	1.4
K	0,5 – 0,8	K	0.3
P	20 – 50	Na	0.1
S	20 – 50	P	13
Fe	10 – 50	S	4
Mn	10 – 50	Fe	32
Cu	1 – 20	Mn	9.3
Zn	3 – 10	Cu	0.6
B	0,5 – 1	Zn	0.5
		B	0.2

Teniendo en cuenta las tablas realizada podemos notar el déficit de nutrientes que presenta el suelo, aunque se obtuvo un pH dentro de los valores óptimos, pero en los otros parámetros importantes para que el suelo pueda ser fértil presentan un bajo porcentaje en sus valores, donde con la implementación de la biorremediación por Lombricompost veremos los cambios que estos parámetros van a tener y podremos determinar si es viable la implementación de este proceso para la recuperación de este suelo.

7.1.3 características taxonómicas de los contaminantes (plaguicidas):

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la toma de muestra inicial se pudo determinar que la muestra inicial presenta presencia de plaguicidas y se necesita someter a un proceso de biorremediación. **Ver anexo (2)**

7.2 Etapa 2

Implementación del método de tratamiento biológico (biodegradación asistida) para la aplicación del humus de lombriz en el suelo contaminado por el uso de plaguicidas.

Foto 3

Implementación del método de tratamiento biológico



En esta etapa, después que nos llegaron los resultados de los laboratorios iniciales regresamos a la central algodonera en el Corregimiento de Caracolcito – el Copey a tomar la muestra de suelo para implementar las camas y así realizar el tratamiento biológico determinado

7.2.1 Siembra de camas de cultivo

Teniendo en cuenta que se realizaron 3 camas donde se caracterizaron de la siguiente manera

7.2.1.1 Cama 1: siembra de lombriz más humus

Foto 4

Cama 1: siembra de lombriz mas humus



Foto 5

Siembra de lombriz mas humus



Camas lombriz: Se realizó la siembra de la lombriz roja californiana en la primera cama, en una muestra de suelo contaminado, de dimensiones 34 cm de largo y 13 cm de profundidad y 26 de ancho, con las condiciones de alimentación, pH y humedad necesarias para la reproducción satisfactoria.

Se les suministro una dieta con estiércol de caballo, la cual se realizaba cada 8 días con porciones racionales para que esta no le faltara y así llevar el proceso de crecimiento y reproducción adecuadamente; en cuanto a la humedad se realizaba un riego fino y superficial cada tres días, evitando así el exceso de humedad, para que los nutrientes que se generan del humus no se vieran afectados, y que el suelo no se compactará generando así condiciones difíciles a las

lombrices. Para mantener el pH óptimo, jugó un papel importante la fermentación del alimento, se le proporcionaba el alimento luego de que este pasara por un proceso de fermentación aeróbica, lo cual indicaba que este ya estaba en las condiciones adecuadas para ser suministrado.

Se evidencio en un tiempo considerable la reproducción rápida y exponencial de las lombrices, lo que indico que las condiciones eran favorables y se estaba llevando a cabalidad el procedimiento.

7.2.1.2 Cama 2: Solo se le agrego humus proveniente de la cama 1

foto 6

Traspaso de humus cama 1 a la cama 2



foto 7

traspaso de humus cama1 a la cama 2



Solo humus: El humus que se generaba en la primera cama por el proceso de digestión que realizaba las lombrices, era recogido y distribuido en la segunda cama, la cual contenía una muestra del suelo a tratar, manteniendo las condiciones de pH y humedad adecuada, se mezcló de manera homogénea con el suelo para que este recibiera los nutrientes que el humus contiene, luego de la segunda semana de realizar esta acción, se evidencio como el suelo contaminado iba tomando otras características e iba mejorando su aspecto inicial.

7.2.1.3 Cama 3: No se le agrego ningún tratamiento

foto 8

Cama sin ningún tipo de tratamiento
(blanco)



Blanco: Se mantuvo en una tercera cama una muestra del suelo contaminado, la cual no tuvo ninguna intervención, de ningún tipo, solo se realizaba el riego para mantener una humedad considerable, pero en el cual obviamente no se generó ningún cambio, puesto que su función era la de realizar la comparación con la muestra del suelo que contenía el humus de la lombriz, dicha comparación se ejecutaba a medida que se iba avanzando en el proceso y por ultimo con la siembra de la plántula, la cual indicaba de manera más visible y cualitativamente la efectividad del Humus.

7.3 Etapa 3

Estimar el crecimiento y efecto de la lombriz roja californiana en los primeros estados de la recuperación del suelo.

7.3.1 Monitoreo de los tratamientos

foto 9

monitoreo de tratamiento



Dentro de esta etapa después de haber realizado el montaje de las camas y determinar el tratamiento que se le implementaría a cada una, se llevó a cabo la alimentación de las lombrices en la cama 1 que se realizaba la semanalmente, estas las alimentábamos con estiércol de caballo haciendo una previa preparación ya que estas deben de tener una humedad y pH adecuado para que las lombrices puedan alimentarse sin ningún inconveniente y no se mueran, por las temperaturas que se manejan en la ciudad de Valledupar se hizo riego de las camas dos veces al día cada día por medio, la primera en las horas de la mañana temprano y la segunda en las horas de la tarde se les aplicaba un riego suave, teniendo en cuenta la humedad ideal para ella que es alrededor del 75%, este lo determinamos de la siguiente manera agarrábamos un puñado de la tierra donde estaban las lombrices y apretábamos y si caían algunas gotas de agua podíamos indicar que la humedad es buena, este procedimiento lo realizábamos de esta manera ya que no contábamos con un instrumento especializado para medir la humedad.

En la cama 2 se realizó el traspaso del humus obtenido de la cama 1, esta cama 2 no tenía presencia de lombriz ni se agregaba alimento, y el riego se hizo 2 veces al día como en la cama 1, esto para mantener la humedad de las camas; en la cama 3 (blanco) no se aplicó nada de alimento, ni humus, ni lombriz, solo agua. Las tres camas se cubrieron con poli sombra para que se mantuviera la humedad de las camas y cubrirlas del sol ya que estas son sensibles a la luz particularmente a la luz del sol y este poli sombra nos ayuda también a que las camas tengan aireación.

7.3.2 Comparación de los tratamientos biológicos aplicados

Al haber realizado todo el proceso de tratamiento por tres meses, se toma una muestra de tierra de la cama 1 y la cama 2 para hacerles una prueba de laboratorio de fertilidad y se tomó una muestra de la cama 1 para determinar presencia de plaguicidas **ver anexo (3)** y así establecer la eficiencia o saber el comportamiento que tuvo el tratamiento aplicado al suelo. teniendo como resultado los siguientes valores. **Ver anexo (4):**

Tabla 5

resultado de laboratorio fisico-quimico cama 1

ANALISIS FISICO- QUIMICO DEL SUELO CAMA 1	
A%	72
L%	10
Ar%	18
pH	6.9
M.O%	5.77
Ca	13.12
Mg	4.22
K	1.54
Na	0.16
P	377.38
S	11.82
Fe	37.11
Mn	10.17
Cu	1.81
Zn	10.88
B	0.95

Tabla 6

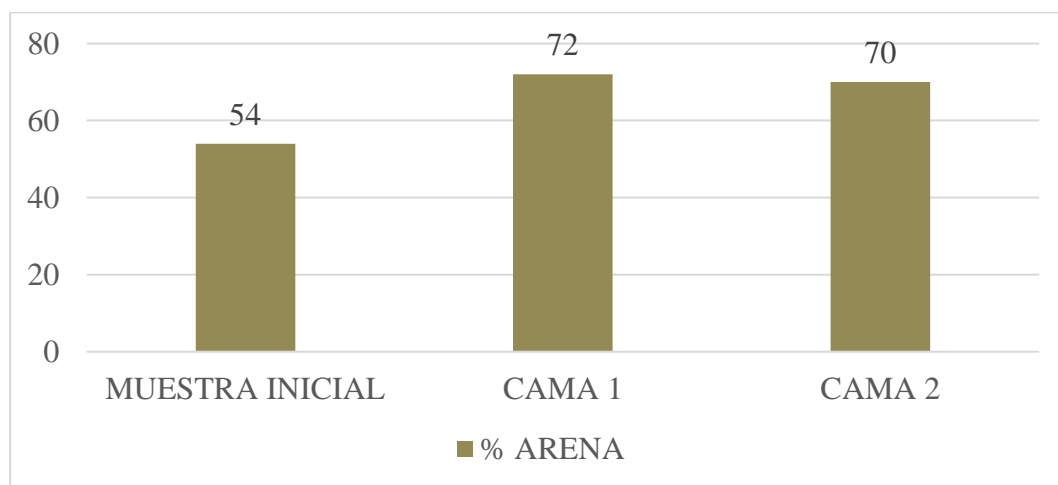
resultado de laboratorio fisico-quimico cama 2

ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL SUELO CAMA 2	
A%	70
L%	16
Ar%	14
pH	6.9
M.O%	4.61
Ca	12.56
Mg	4.55
K	2.26
Na	0.27
P	383.46
S	14.19
Fe	48.70
Mn	13.49
Cu	1.67
Zn	9.80
B	1.11

Tabla 7 Comparacion de los resultados de laboratorios fisico-quimicos con los valores optimos para un suelo fertil

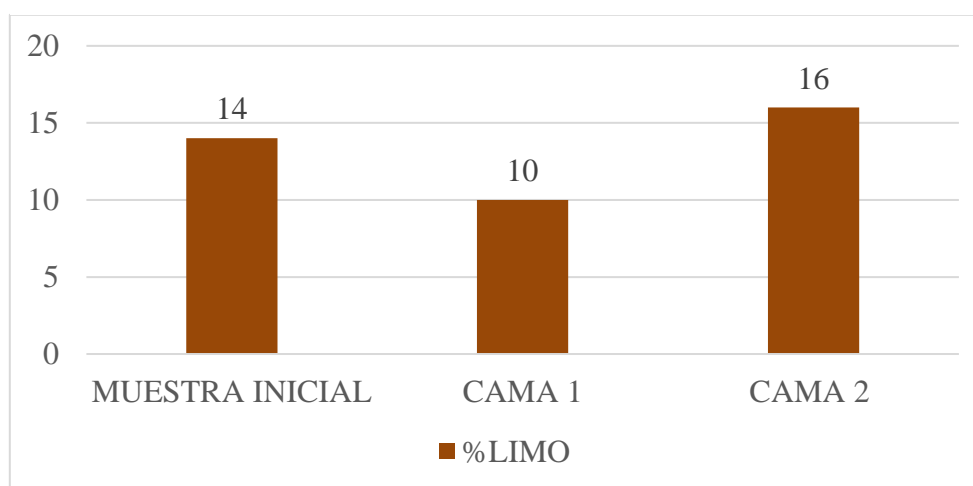
<i>Variable</i>	Unidad	Valores óptimos	Resultado de laboratorio inicial	Resultado de laboratorio muestra 1 tratamiento	Resultado de laboratorio muestra 2 tratamiento
<i>pH</i>		6,5 – 7	6,3	6,9	6,9
<i>Ca</i>	Cmol/L	6 – 15	10,1	13,12	12,56
<i>Mg</i>		3 – 6	1,4	4,22	4,55
<i>K</i>		0,5 – 0,8	0,3	1,54	2,26
<i>P</i>	Mg/L	20 – 50	13	377,38	383,46
<i>Fe</i>		10 – 50	32	37,11	48,70
<i>Cu</i>		1 – 20	0,6	1,81	1,67
<i>Zn</i>		3 – 10	0,5	10,88	9,80
<i>Mn</i>		10 – 50	9,3	10,71	13,43
<i>B</i>		0,5 – 1	0,2	0,95	1,11
<i>S</i>		20 – 50	4	11,82	14,19
<i>M.O</i>	%	5 - 10	0,68	5,77	4,61
<i>CICE</i>	Cmol/kg	15 - 25	11,9	19,04	19,64

Grafica 1 Comparacion de %Arena



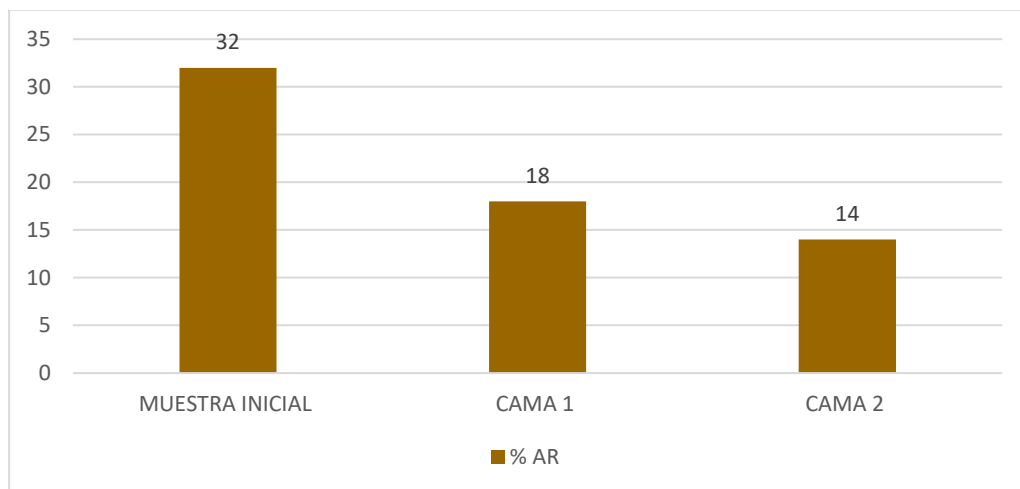
Podemos evidenciar un incremento en el porcentaje de arena en un 18% y 16%, en la cama 1 y cama 2 respectivamente, en comparación con el valor inicial, que referencia el blanco; este aumento se le podemos atribuir a los ácidos fulvicos y húmicos que se generan en la producción del humus.

Grafica 2 Comparacion de %Limo



En la cama uno hubo un decremento del porcentaje de Limo en un 4% en comparación con el porcentaje inicial, por el contrario, en la cama dos tuvo un aumento del 2% referente al mismo porcentaje inicial. Teniendo en cuenta que en la cama 1 se realizó la siembra de la lombriz y que en la cama 2 se disponía el humus que se generaba en la cama 1, se le atribuye a esta condición, la variación en el porcentaje de limo, ya que este está compuesto por sedimentos de rocas preexistentes, ricas en nutrientes, podemos inferir el decremento que tuvo en la cama uno, a esta condición, puesto que asumimos que las lombrices se abastecieron de este, para su alimentación. Por lo tanto, en la cama 2 como solo se le disponía del humus que estas generaban aumento el porcentaje del mismo.

Grafica 3 Comparacion de %Arenas

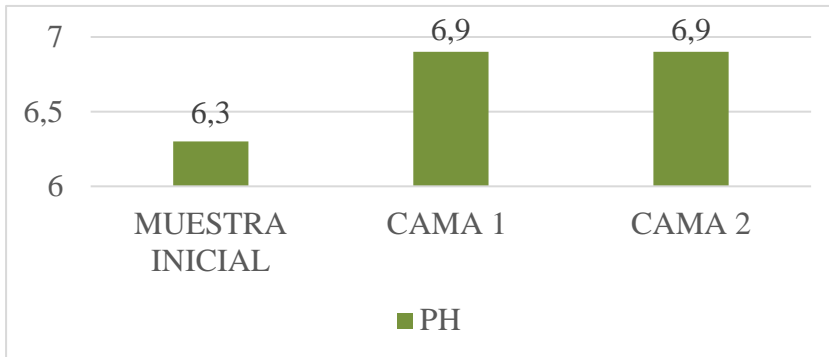


Se presentó una disminución en el porcentaje de arcilla tanto en la cama uno como en la cama dos, del 14 y 18 % respectivamente al valor inicial. Sabiendo que la arcilla tiene una fuerte atracción con las moléculas del agua, y que, al entrar en contacto con estas, se distribuyen a través del líquido, consideramos que la disminución de esta en el suelo es debido a la condición antes mencionada, ya que una de sus características físicas principal, que es transpirable lo que quiere decir que merma debido a la evaporación del agua contenida. (BRIGGETTE, 2013).

Teniendo en cuenta que con estos tres elementos determinamos la textura del suelo en el triángulo de texturas, con los porcentajes obtenidos en la muestra inicial nos dice que este suelo es un suelo Franco Arcilloso Arenoso, pero al momento de someter las camas al tratamiento podemos notar que este suelo sufrió unos cambios donde en la cama uno quedo un suelo con una textura de

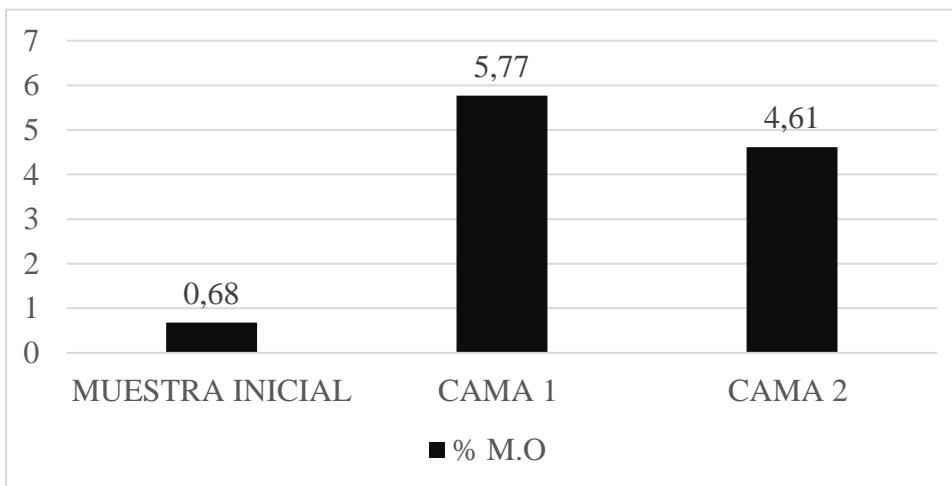
Franco Arenoso y en la cama 2 una textura de Arenoso Franco

Grafica 4 Comparacion de pH



En cuanto al PH, que es un parámetro sumamente importante para el crecimiento y reproducción de la lombriz. desde el inicio del desarrollo de la investigación `` (se evidencia en la muestra inicial que la representa el blanco) `` estuvo en el rango óptimo para brindarle las condiciones ambientales adecuadas para la evolución de la lombriz; y quien en la puesta en marcha el proyecto, tuvo un incremento de un 0,6 tanto en la cama 1 como en la cama 2; `` (manteniéndose dentro del rango óptimo) ``. Brindándonos un suelo neutro que evidentemente, no altero, ni puso en riesgo la estabilidad de las condiciones iniciales.

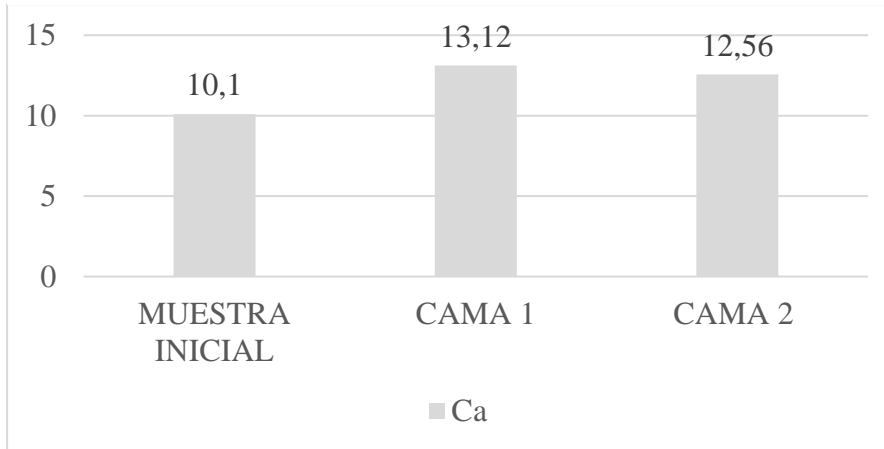
Grafica 5 Comparacion de %M.O



Evidentemente la materia orgánica, tuvo un crecimiento significativo, puesto que, en las condiciones iniciales del suelo, este se encontraba en muy bajo contenido, casi que nulo por las características y condiciones del mismo. Que, al momento de incorporar, en la cama uno el sustrato

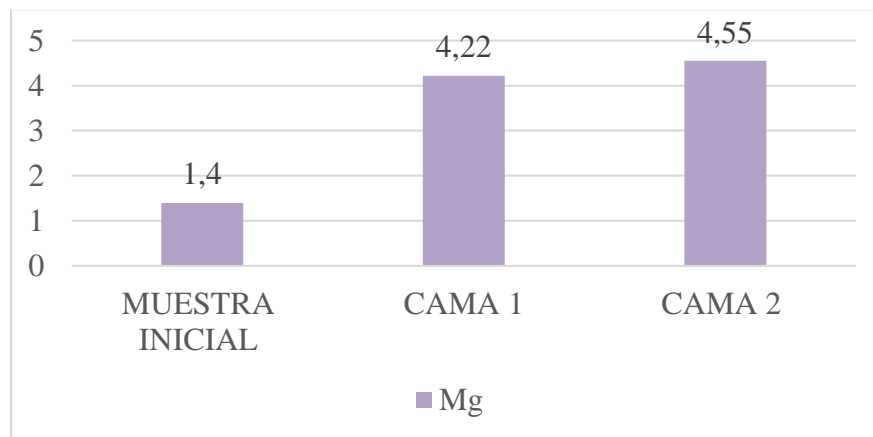
del cual se alimentaba las lombrices “ (Estiércol de caballo) ”, que es materia orgánica pura, esta sin duda alguna iba a incrementar, igualmente sucedió en la cama 2 quien recibía directamente el humus “ (quien también tiene un alto contenido de M.O) ”. generado por las lombrices de la cama 1.

Grafica 6 Comparacion de Ca



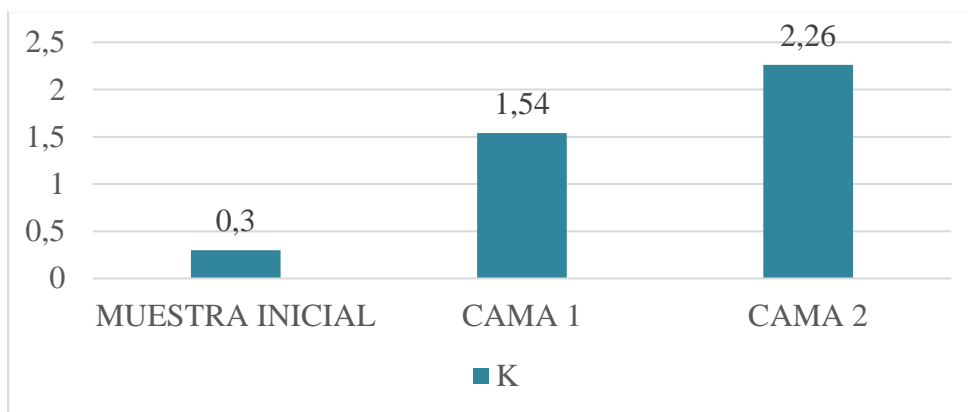
En cuanto al Calcio se evidencio un aumento en ambas camas en un 3.02 Cmol (+) /Kg en la cama uno y en un 2,46 Cmol (+) /Kg, En la cama dos. Ya que esta especie tiene la capacidad de producir 2 veces más Calcio que el material orgánico que ingirieron. Manteniéndose en un rango óptimo para el beneficio en la recuperación del suelo.

Grafica 7 Comparacion de Mg



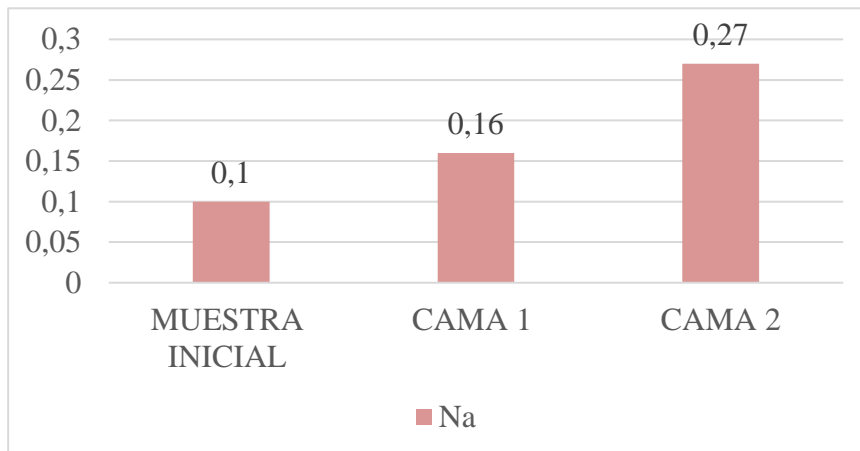
El magnesio al inicio se encontraba en 1,4 Cmol (+) / Kg `` (por debajo de los valores óptimos) ``. Esta situación de bajo contenido de Mg es más frecuente en suelos arenosos con bajo Mg intercambiable y suelos que reciben aplicaciones repetidas de Calcita. (MIKKELSEN, 2010). Gracias al suministro de materia orgánica y al proceso de digestión de las lombrices este valor aumento en las dos camas, cumpliendo de esta manera con los valores adecuados para considerarse un suelo fértil.

Grafica 8 Comparacion de K



El potasio al iniciar se encontraba en unos niveles muy bajos`` (0,3 Cmol (+) / Kg) ``, no alcanzando los valores óptimos de un suelo productivo. teniendo en cuenta que este macronutriente se encuentra en la materia orgánica que se utilizó como sustrato para la alimentación de la lombriz, esté aumentó tanto en la cama 1 un 1,24 Cmol (+) / Kg, y en la cama un 1,96 Cmol (+) / Kg.

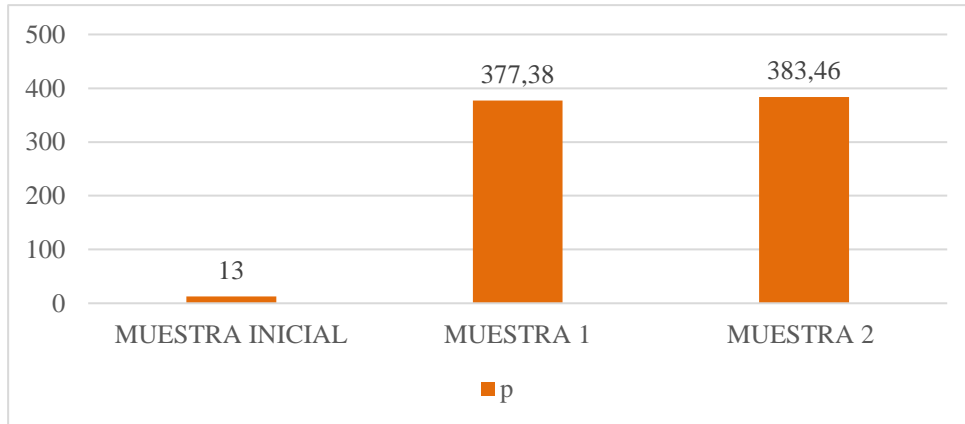
Grafica 9 Comparacion de Na



El sodio al principio se encontraba en una cantidad baja, común en los suelos de esta zona del país, hubo un incremento, de este elemento en el tratamiento de este. Como se evidencia en la gráfica.

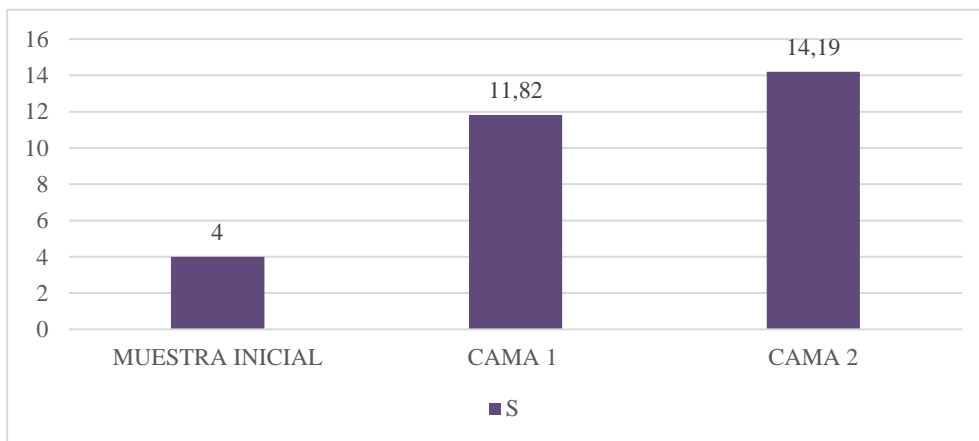
El sodio se encuentra en el suelo en estado combinado y principalmente en forma de sales. los iones de sodio son menos fijados por los minerales arcillosos que los iones de potasio. (K+S AGRICULTURE , 2019).

Grafica 10 Comparacion de P



Este Nutriente en la muestra inicial, se encontraba en un rango medio, con un valor de 13 mg/kg, pero una vez que este suelo fue sometido al proceso de biorremediación, este valor se incrementó de una manera exacerbada, “ (29 veces más que su valor inicial) ”, considerando que el estiércol de caballo tiene gran cantidad de este elemento, y que la lombriz genera 7 veces más fosforo que el material orgánico que ingirieron.

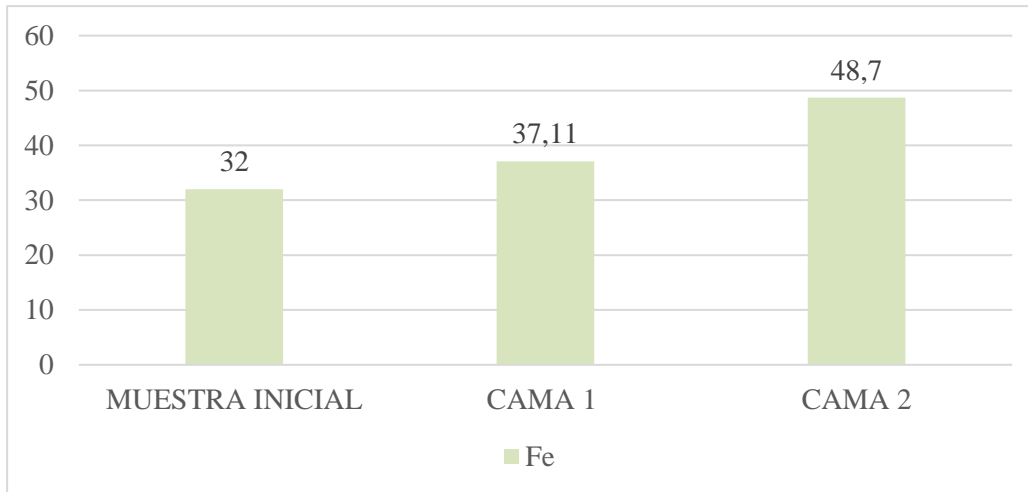
Grafica 11 Comparacion de S



El azufre se encontró al inicio con un valor de 4 mg/kg, ubicándose en un rango medio dentro de los valores de fertilidad, luego al implementar el proceso de biorremediación incremento

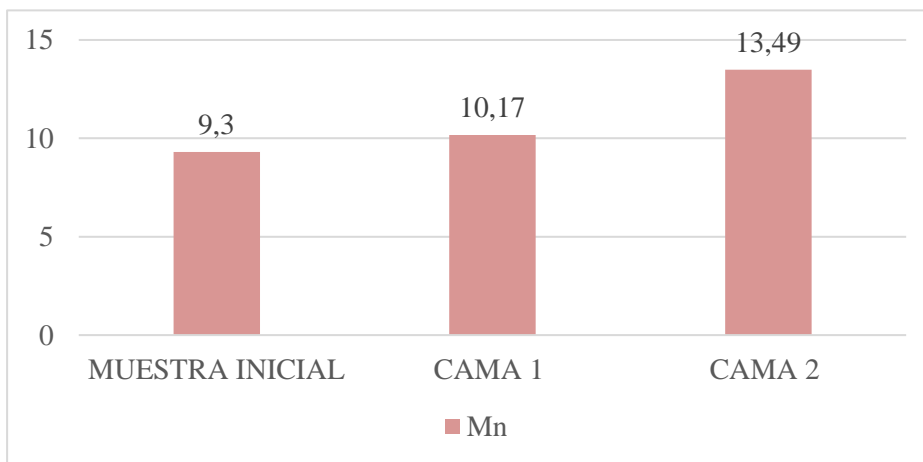
un 7,82 mg/kg, en la cama 1 y un 10,19 mg/kg, en la cama 2.

Grafica 12 Comparacion Fe



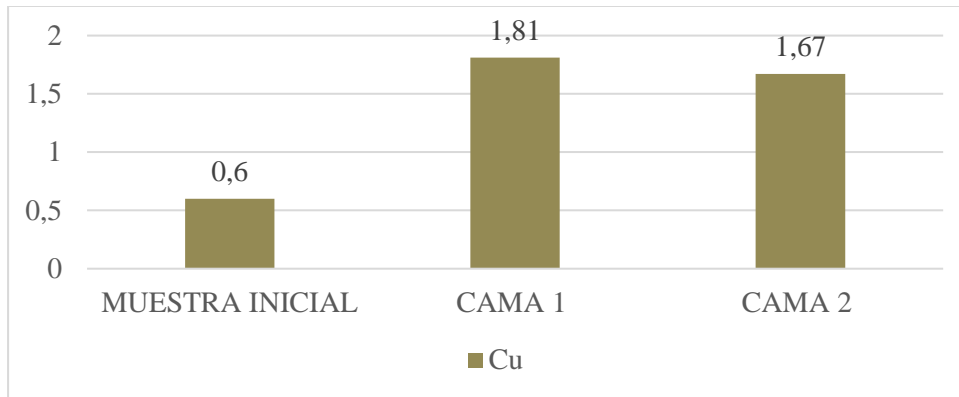
El hierro se mantuvo durante toda la etapa de elaboración del proyecto dentro de los valores óptimos de un suelo fértil, en el inicio con un valor 32 mg/kg, en la cama 1, cuya muestra fue tomada y analizada a los 15 días de haber empezado el proceso, arrojó un valor 37,11 mg/kg y en la cama 2 arrojó un valor de 48,7 incrementando en un 16,7 mg/kg.

Grafica 13 Comparacion de Mn



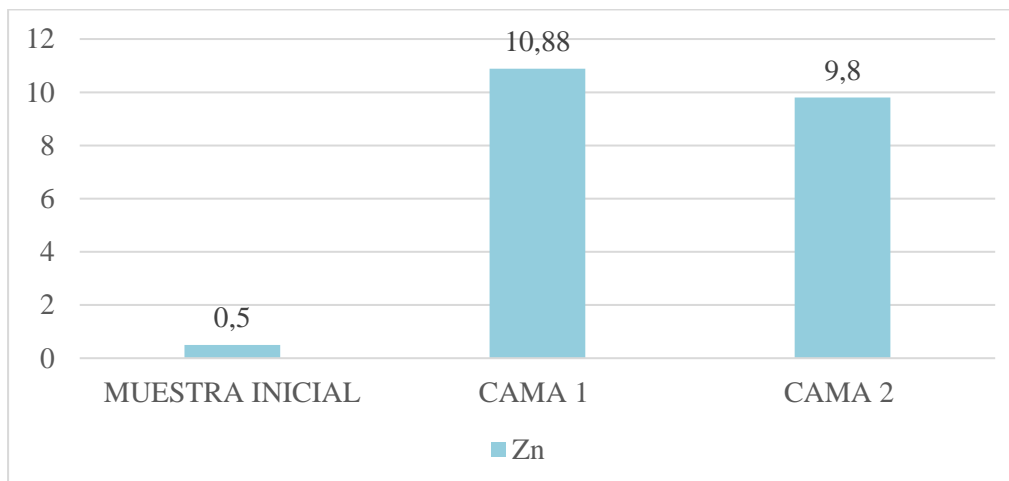
El manganeso al inicio se encontró en un rango medio, dentro de la escala de valores de fertilidad, aumentó llegando al rango de valores óptimos, como observamos en la gráfica, quien en la cama 1 incremento un 0,87 mg/kg y en la cama 2 un 4,19 mg/kg, respecto a su valor inicial.

Grafica 14 Comparacion de Cu



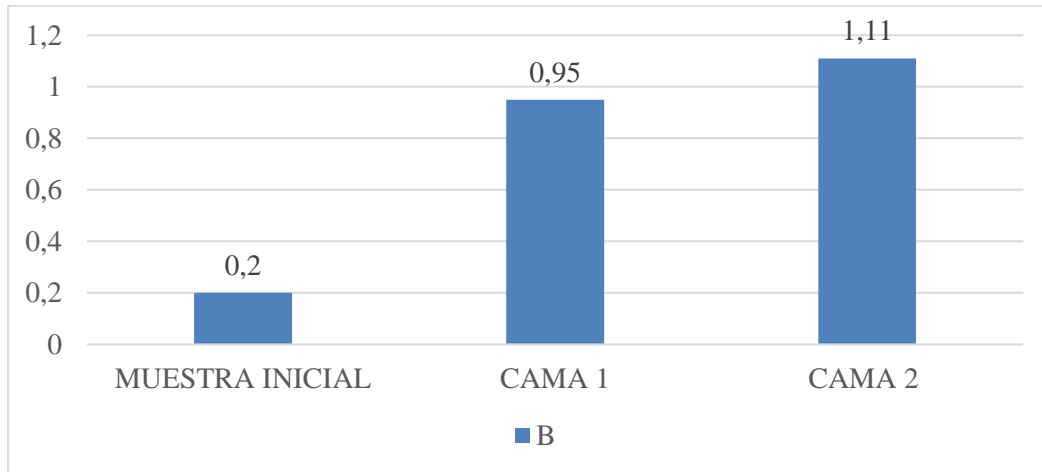
El cobre al principio se encontraba por debajo de los valores óptimos, durante el proceso de biorremediación este incrementó, gracias a la incorporación de la materia orgánica y proceso de digestión que realizó la lombriz durante el proceso. En la cama 1 aumento un 1,21 mg/kg y en la cama 2, un 1,07 mg/kg.

Grafica 15 Comparacion de Zn



El Zinc, quien se encontraba en una concentración muy baja, con valor de 0,5 mg/kg, incrementó casi el doble de su valor inicial en la cama 1 y en la cama 2, llegando a los valores indicados para considerarse un suelo fértil, gracias a la materia orgánica presente en la cama 1 y al humus que generaba la lombriz que era incorporado en la cama 2.

Grafica 16 Comparacion de B



El Boro en la muestra inicial tiene un valor muy bajo en comparación a los valores óptimos que debe tener el suelo, pero podemos observar que en los otros dos resultados que son la cama 1 y la cama 2 aumento el porcentaje observando que en la cama 1 entra dentro del rango del valor óptimo del Boro que es de 0,5 – 1 y en la cama 2 tuvo un aumento que supero los valores óptimos, teniendo en cuenta que el boro es esencial para el crecimiento normal de las plantas y es necesario mantenerlo en los valores óptimos para que las plantas no tengan ningún cambio negativo.

7.4 Etapa 4

Evaluar la eficiencia de la recuperación del suelo mediante la siembra de una plántula

Para comprobar que tan eficiente era la biorremediación que implementamos, y evaluar así las condiciones del suelo, sembramos una planta en cada una de las camas, para ver como era su comportamiento y evolución en cada una de ellas.

Escogimos una plántula de la especie *Phaseolus Vulgaris* “(frijol)”, quien tiene un proceso de germinación rápido que crece en casi todas las condiciones y en la mayoría de los suelos.



foto 7 blanco: siembra de plántula



foto 8 cama 2: siembra de plántula



foto 9 cama 1: siembra de plántula

Efectivamente como lo habíamos predicho, siendo la segunda semana de haber realizado la siembra de la plántula, está ya había germinado, dejándonos ver su crecimiento en todas las camas, no obstante, evidenciamos que la cama numero 3 donde estaba la muestra sin intervención alguna, o sea nuestro blanco, se presentaba el crecimiento de las plantas con un déficit ya que estas tenían sus hojas marchitas y con el paso de los días fueron tomando un color amarillo que se iba intensificando cada vez más, hasta llegar al punto en que las plantas dejaron de crecer y se murieron.

7.4.1 Análisis de la eficiencia de la restauración a través de la siembra.

Como podemos observar en las fotos 10 y 11, evidenciamos la evolución que tuvo la Plántula de la especie *Phaseolus Vulgaris* “(frijol)”, la cual germino en cada una de las camas, ya que esta es una planta con un proceso de germinación muy rápido y que se da en casi todas las condiciones lo que facilito este procedimiento de crecimiento.

Estas imágenes evidencian que el proceso de bioremediación fue éxito y que mejoró las condiciones físico-químicas del suelo contaminado, ya que en las camas donde hubo interacción con el humus o con la lombriz roja californiana, la planta tuvo un crecimiento adecuado sin ninguna interrupción, ni contratiempo, mientras que en la cama donde estas no tuvieron interacción con el suelo, el proceso fue totalmente diferente; la planta germino pero, a medida que iba pasando el

tiempo estas iban teniendo ciertas características que no las dejaron seguir con el proceso llegando a su final. Cabe resaltar que se le brindo las condiciones necesarias a todas las camas, teniendo mejores resultados en la cama 1 y 2, donde estaba la lombriz.

Foto 10

proceso evolución de la plántula

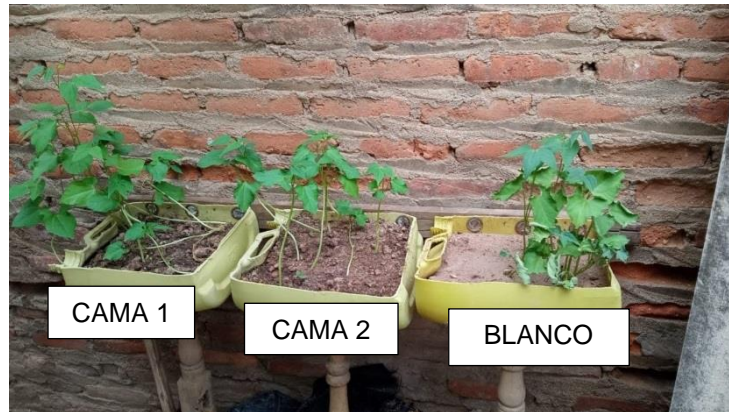
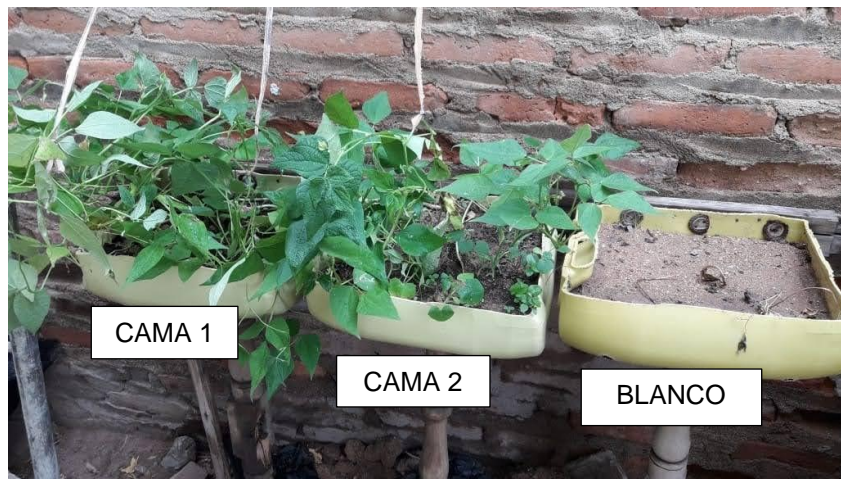


Foto 11

proceso evolución de la plántula



8. Resultados y Análisis

De acuerdo con los resultados obtenidos, podemos observar que en la muestra inicial del suelo presenta unos niveles muy bajo en cada uno de los parámetros que se analizaron en comparación con los valores óptimos que estos deben de tener, también se le realizó un laboratorio de presencia de plaguicidas y la muestra inicial dio positivo para este.

Podemos notar que en la muestra inicial el parámetro como el pH se encuentra dentro de los valores óptimos para un suelo fértil ya que estos van de 6 – 7 según la tabla 1 de interpretación de análisis de suelo, pero este valor pH inicial no asegura un buen desarrollo de las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) ya que el pH óptimo para ellas está de 7 a 8, de igual manera se realizaron los montajes de las camas, donde pudimos obtener un buen resultado ya que estas a medida que se iban alimentando, más era su reproducción esto quiere decir que no les afectó el pH que presentaba la muestra inicial.

También se observó que al terminar el tratamiento de las camas 1 y 2 respectivamente se les realizaron los laboratorios de fertilidad y presencia de plaguicidas esta última prueba solo se le realizó a la cama 1 donde se puede obtener como resultado que el suelo de la cama 1 no presenta presencia de plaguicidas, con respecto a los laboratorios de fertilidad los resultados obtenidos fueron positivos ya que todos presentaron un incremento considerable hasta tal punto de quedar algunos parámetros dentro del valor óptimo en comparación con los resultados de la muestra inicial.

En consideración con los resultados obtenidos se puede identificar el incremento exagerado que obtuvo el parámetro del fósforo (P), teniendo en cuenta que su valor óptimo es de 20 – 50 y las muestras de las camas 1 y 2 arrojaron valores de 377,38 y 383,46 respectivamente, se puede notar el valor elevado que estas presentan, esto se pudo haber presentado por la alimentación que

se le suministro a las lombrices ya que estas se alimentaron con estiércol de caballo, considerando que el estiércol de caballo tiene gran cantidad de este elemento, y que la lombriz genera 7 veces más fosforo que el material orgánico que ingirieron.



9. Conclusiones

Al finalizar este proyecto, evidenciamos una mejora significativa del 10% en los parámetros evaluados, ya que cada uno de estos en comparación con las condiciones iniciales, tuvo un crecimiento, devolviéndole así las condiciones óptimas para considerar un suelo fértil; cabe resaltar que el tiempo empleado fue de 3 meses, lo que indica que el proyecto cumple con los objetivos establecidos, ya que a un periodo de 20 años que es el tiempo que oscila en recuperarse un suelo totalmente, empleando esta técnica podemos lograr su recuperación a un 100%. Teniendo en cuenta que el macronutriente fósforo presentó un incremento elevado muy por encima de los valores óptimos.

Por las cualidades de este proyecto, se considera que se puede tomar como base para realizar investigaciones futuras que vayan encaminadas a esta temática o a problemas relacionados. En el departamento contamos con diversos suelos que sufren o están pasando por problemas similares en los cuales se puede implementar este tipo de solución, perfeccionando las técnicas empleadas.

Un proyecto que logra reactivar las actividades económicas como la ganadería y agricultura; de la zona, (dichas actividades se han estado en pausa por las condiciones en las que se encuentra el suelo y que han sido durante mucho la fuente de ingreso de la región), puesto que le devuelve las condiciones ideales para que este tipo de actividades se genere.

10. Recomendaciones

- Sugerimos la continuación de este proyecto, debido a su amplio estudio y aplicación., puesto que consideramos que se puede profundizar, encontrando mayores aplicaciones.
- Al momento de realizar los analisis, recomendamos que para el caso del analisis de plaguicidas, el laboratorio elegido para realizar esta actividad especifique el plaguicida presente y la cantidad en que se encuentre concentrado.
- Realizar el proyecto in situ, ya que de esta manera se obtendrán valores mucho mas reales.
- Antes de poner en marcha el proyecto, realizar socialización con las comunidades presentes en la zona, para que no se genere ningún tipo de dudas, y para informar a los pobladores sobre los fines académicos que tiene la realización del proyecto.



ANEXOS

Anexo 1

Código	Identificación en el campo	Textura				pH	C.E.	M.O.	Al	Ca	Mg	K	Na	CICE	P	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	N-NO3	N-NH4	N
		A%	L%	Ar%	Clase																			
SP41114		54	14	32	FArA	6.3	0.68	-	10.1	1.4	0.3	0.1	11.9	13	4	32	9.3	0.6	0.5	0.2				

<p>Identificación</p> <p>Nombre NEIRA MARIA BALOYES GUERRA Nit o C.C. 1065809337 Direccion Telefono 588 80 06 Fax 301 749 29 74 Email bneiramaia@yahoo.com F. Recibo 27-SEP-20</p>	<p>Análisis de Suelos</p> <p>Municipio El Copey (Cesar) Vereda Caracolito Finca No Especificado Area - Ha. Profundidad - cms.</p>	<p>Reporte No. 60269</p> <p>Cultivo actual Cultivo anterior</p>
---	---	--

Observaciones

<p>Métodos Textura : Bouyoucos; pH : Agua (1:1); Conductividad eléctrica: Extracto de saturación;Materia orgánica: Walkley Black; Al : KCl 1M;Ca, Mg, K, Na : Acetato de amonio 1M; CICE : Suma de cationes de cambio;S : Fosfato monocálcico 0.008M; Fe, Mn, Cu, Zn : Olsen - EDTA;B : Agua caliente; NO3 : Sulfato de aluminio 0.025M; NH4 : KCl 1M;P : Bray II.</p>	<p>Tener en cuenta: N.D.=No detectable N.A.=No aplica Para las unidades considere: dSm-1 =mmho cm-1 cmolc kg-1 =meq/100 g suelo ppm =mg kg-1</p>	<p>Revisión Agronómica</p>
---	--	-----------------------------------

Anexo 2

Macroproceso: Gestión de Laboratorios
Proceso: Gestión de Laboratorios
Título del formato: Informe de Resultados

Informe de Resultados	Estado
0542	DEFINITIVO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Información del Cliente			Cotización No.	M-007-FT-10.002.006
Cliente/Empresa	Neira Maria Baloyes Guerra		NIT/D.I	1065809337
Contacto	Neira Maria Baloyes Guerra		Teléfonos	3017492974 5888006
Dirección Cliente	Manzana 64 Casa 7, VALLEDUPAR, CESAR		Referencia ubicación muestras	Caracolcito
			Municipio/Departamento	EL COPEY, CESAR
			Fecha de Recepción	2020-09-27
			Fecha Analisis	2020-10-23

IDENTIFICACION MUESTRA Código / Identificación Cliente	ANALISIS	METODO	OBSERVACIONES
SP02704 Muestra 1	Perfil cromatográfico de la muestra	Cromatografía de gases con detector selectivo de masas GC-MS	La muestra presenta presencia de residuos relacionados con plaguicidas u otro componente relacionado con el mismo

El laboratorio no es responsable del muestreo, las muestras son recibidas de conformidad como se establece en las "Condiciones del Servicio" y se procesan tal como se reciben. El laboratorio no es responsable de la validez de la información suministrada por el cliente. Este informe no podrá ser modificado. En caso de ser modificado se entenderá como un informe totalmente diferente al emitido por el Laboratorio de Suelos. El laboratorio no aplica declaraciones de conformidad. El responsable de liberar las recomendaciones de manejo de la fertilidad del suelo es el "Agrónomo".
(Leer condiciones: <http://labsuelos.medellin.unal.edu.co/condiciones/>)

Autorización de resultados: Orlando Ruiz
Coordinador de Laboratorio



Anexos 3

Macroproceso: Gestión de Laboratorios
Proceso: Gestión de Laboratorios
Título del formato: Informe de Resultados

Informe de Resultados	Estado
0551	DEFINITIVO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Información del Cliente			Cotización No.	M-007-FT-10.002.006
Cliente/Empresa	Neira María Baloyes Guerra		NIT/D.I.	1065809337
Contacto	Neira María Baloyes Guerra	Telefonos	3017492974 5888006	Fecha Informe
Dirección Cliente	Manzana 64 Casa 7, VALLEDUPAR, CESAR	Referencia ubicación muestras	Caracolcito	2021-07-26
		Municipio/Departamento	EL COPEY, CESAR	Fecha de Recepción
				2021-07-23

IDENTIFICACION MUESTRA Codigo / Identificación Cliente	ANALISIS	METODO	OBSERVACIONES
SP02703 Muestra 1	Perfil cromatográfico de la muestra	Cromatografía de gases con detector selectivo de masas GC-MS	La muestra no presenta presencia de residuos relacionados con plaguicidas u otro componente relacionado con el mismo

El laboratorio no es responsable del muestreo, las muestras son recibidas de conformidad como se establece en las "Condiciones del Servicio" y se procesan tal como se reciben. El laboratorio no es responsable de la validez de la información suministrada por el cliente. Este informe no podrá ser modificado. En caso de ser modificado se entenderá como un informe totalmente diferente al emitido por el Laboratorio de Suelos. El laboratorio no aplica declaraciones de conformidad. El responsable de liberar las recomendaciones de manejo de la fertilidad del suelo es el "Agrónomo".
(Leer condiciones: <http://labsuelos.medellin.unal.edu.co/condiciones/>)

Autorización de resultados: Orlando Ruiz
Coordinador de Laboratorio



Anexo 4

Macroproceso: Gestión de Laboratorios
Proceso: Gestión de Laboratorios
Título del formato: Informe de Resultados

Informe de Resultados	Estado
0549	DEFINITIVO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Información del Cliente				Cotización No.	No. S-P21-1293
Cliente/Empresa			NIT/D.I		Fecha Informe
Neira Maria Baloyes Guerra			1065809337		2021-07-26
Contacto	Teléfonos		Email		Análisis de:
Neira Maria Baloyes Guerra	3017492974 5888006		bneiramaria@yahoo.com		SUELOS
Dirección Cliente		Referencia ubicación muestras		Municipio/Departamento	Fecha de Recepción Fecha Analisis
Manzana 64 Casa 7, VALLEDUPAR,CESAR		Caracolcito		EL COPEY, CESAR	2021-06-29 2021-07-23

IDENTIFICACION MUESTRA Código / Identificación Cliente	TEXTURA				%				cmol(+) /kg						mg/kg						
	A%	L%	Ar%	CTx	pH	pW	MO	CO	Al	Ca	Mg	K	Na	CICE	P	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
SP02703 Muestra 1	72	10	18	FA	6,9	2,87	5,77	3,16	N.A.	13,12	4,22	1,54	0,16	19,04	377,38	11,82	37,11	10,71	1,81	10,88	0,95
SP02704 Muestra 2	70	16	14	FA	6,9	2,24	4,61	2,56	N.A.	12,56	4,55	2,26	0,27	19,64	383,46	14,19	48,70	13,49	1,67	9,80	1,11

Tener en cuenta: N.D.=No detectable N.C.=No cuantificable N.A.=No aplica

El laboratorio no es responsable del muestreo, las muestras son recibidas de conformidad como se establece en las "Condiciones del Servicio" y se procesan tal como se reciben. El laboratorio no es responsable de la validez de la información suministrada por el cliente, especialmente la información del cultivo y condiciones del suelo para el servicio de "Recomendaciones de manejo de la fertilidad del suelo". Este informe no podrá ser modificado. En caso de ser modificado se entenderá como un informe totalmente diferente al emitido por el Laboratorio de Suelos. El laboratorio no aplica declaraciones de conformidad. El responsable de liberar las recomendaciones de manejo de la fertilidad del suelo es el "Agrónomo".
(Leer condiciones: <http://labsuelos.medellin.unal.edu.co/condiciones/>)

Autorización de resultados: Orlando Ruiz



11. Bibliografía

- Agromeat. (2017). *La Lombricultura*. España: Adiveter. Obtenido de http://www.adiveter.com/ftp_public/A1261007.pdf
- Bermudez, M. M. (2010). *CONTAMINACION Y TURISMO SOSTENIBLE*. Bogota: CETD SA. Obtenido de <http://galeon.com/mauriciobermudez/contaminacion.pdf>
- BRIGGETTE, O. (21 de 12 de 2013). *SLIDESHARE*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/BriObandoRojas/caracteristicas-de-la-arcilla>
- Cubides, W. R. (2014). *IMPLEMENTACION AGROECOLOGICA DE LOMBRICULTURA COMO CORRECTOR DE SUELO Y RENOVACION DE PRADERAS. EN LOS MUNICIPIOS DE TIBIRITA, GUATEQUE Y SUTATENZA*. Cundinamarca: Corpochivor, Car, UNAD. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3399/80054730.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Decanato, F. d. (2009). *ANÁLISIS DE RIESGO DEL SITIO CONTAMINADO ANTIGUAS BODEGAS DE LA CENTRAL ALGODONERA EN LIQUIDACIÓN (CENALGODÓN) EN EL CORREGIMIENTO DE CARACOLICITO, MUNICIPIO DE EL COPEY (CESAR)*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia.
- Departamento de Salud y servicios Humanos de EE. UU., S. d. (2001). *Agencia para sustancias Tóxicas y el registro de enfermedades (ATSDR)*. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs48.html
- Dra. Asela M. del Puerto Rodríguez, D. S. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología.*, 373-383. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n3/hig10314.pdf>
- Druetta, M. A. (2011). *ResearchGate*. Obtenido de ResearchGate.net: https://www.researchgate.net/publication/266500563_El_concepto_de_recuperacion_la_importancia_de_la_perspectiva_y_la_participacion_de_los_usuarios
- Educarm. (2015). *Tema 2: Suelos*. Union Europea. Obtenido de http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/suelos_tema_2.pdf
- Ibañez, J. J. (11 de Septiembre de 2011). *Madrid Blogs*. Obtenido de Un Universo Invisible Bajo de Nuestros Pies: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/08/18/37767>
- Ivonne Aillen Gómez-Orejuela, Z. H.-S. (2017). Buenas prácticas agrícolas como alternativa de producción limpia en el proceso productivo de cítricos y mango en el municipio de Viotá (Cundinamarca, Colombia). *Ingeniería Solidaria*, 137-145. Obtenido de [https://revistas.ucc.edu.co/html_revistas/IngSol/13\(22\)/13\(22\)9/13\(22\)9.html](https://revistas.ucc.edu.co/html_revistas/IngSol/13(22)/13(22)9/13(22)9.html)
- José Bartual Sánchez, M. J. (2017). *NTP 143: Pesticidas: clasificación y riesgos principales*. España. Obtenido de NTP 143: Pesticidas: clasificación y riesgos principales
- K+S AGRICULTURE* . (2019).
- M. J. Sanchez Martin, M. S. (2018). *LOS PLAGUICIDAS. ADSORCIÓN Y EVOLUCIÓN EN EL SUELO*. Salamanca: SERESNET. Obtenido de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/12919/1/plaguicidas.pdf>

- maps, G. (2019). *Mapas America*. Obtenido de Mapas America Web:
<https://mapasamerica.dices.net/colombia/mapa.php?nombre=Corregimiento-Caracolcito&id=74914>
- Maria Diaz, H. E.-M. (2015). Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Bioagrocencias*, 3-11. Obtenido de
https://www.academia.edu/15103699/2015._Propiedades_f%C3%ADsicas_qu%C3%ADmicas_y_biol%C3%B3gicas_del_suelo._Bioagrocencias_8_1_3-11
- MIKKELSEN, R. (2010). Obtenido de [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/47833649504C3064852579A0006A1A38/\\$FILE/3.%20Fuentes%20de%20Magnesio.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/47833649504C3064852579A0006A1A38/$FILE/3.%20Fuentes%20de%20Magnesio.pdf)
- Molina, G. m. (2002). *Tabla de Interpretacion de Analisis de Suelo*. Costa RICA: Centro de Investigaciones Agronomicas. Obtenido de
<http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Tablas%20Interpretaci%C3%B3n%20An%C3%A1lisis%20Foliar.pdf>
- Movasu. (7 de Diciembre de 2015). *Caracolcito del Alma*. Obtenido de Caracolcito del Alma:
<http://micaracolcito.blogspot.com/p/datos-geograficos.html>
- Murcia, U. d. (2017). *Tema 6: La Edafosfera*. España: UDIGITAL. Obtenido de
https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-may25-45/tema_6.pdf
- Pereira, L. C. (2015). *Semana de la Ciencia y Tecnologia Jornada de Puertas Abiertasd*. Pereira.
- Sandra Milena Silva Arroyave, F. J. (2009). ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO: REVISIÓN DE LA NORMATIVA Y POSIBILIDADES DE REGULACIÓN ECONÓMICA. *Semestre Economico*, 13-43. Obtenido de
<https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1156>
- Waldo Gutiérrez, P. C.-P. (2015). Caracterización de las exposiciones a plaguicidas entre los años 2006 y 2013 reportadas al Centro de Información Toxicológica de la Pontificia Universidad Católica de Chile. *Revista Médica de Chile*, 2-3. Obtenido de
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872015001000009
- Y, X. T. (2012). Reducción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos. *Tesis.PDF*.
- Yague, J. L. (2017). La Crianza de la Lombriz Roja. *Hojas Divulgadoras*, 1-2.

