



Lombricompostaje como estrategia de recuperación de los suelos contaminados por actividad de minería en el municipio de Albania Departamento de la Guajira

Proyecto Tecnológico

Autor:

Vanessa Díaz Muñoz

Asesor:

Pedro Pacheco Torres

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería Ambiental

Corporación Universitaria Reformada

Barranquilla

2022

Lombricompostaje como estrategia de recuperación de los suelos contaminados por actividad de minería en el municipio de Albania Departamento de la Guajira

Vanessa Díaz Muñoz

Asesor:

Pedro Pacheco Torres

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería Ambiental

Corporación Universitaria Reformada

Barranquilla

2022

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 8 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 9 |
| 2.1. PREGUNTA PROBLEMA | 11 |
| 3. OBJETIVOS GENERAL | 12 |
| 4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 12 |
| 6. JUSTIFICACIÓN | 13 |
| 7. DELIMITACIÓN Y ALCANCE. | 16 |
| 8. MARCOS: | 20 |
| 8.1. MARCO TEÓRICO | 20 |
| 8.1.1. Lombricultura o cría de lombrices: | 20 |
| 8.1.2. Lombricomposta: | 21 |
| 8.1.3. Desarrollo de un cultivo de lombrices: | 22 |
| 8.1.3.1. Características del lugar: | 22 |
| 8.1.4. Características de la crianza: | 22 |
| 8.1.5. Características de la Materia Prima: | 22 |
| 8.1.6. Características de la Alimentación: | 23 |
| 8.1.7. Características del Manejo: | 24 |
| 8.1.8. Cosecha: | 25 |
| 8.2. Biorremediación: | 26 |
| 7.2.2. Bioventilación: | 26 |
| 7.2.3. Biosoarging: | 27 |
| 9. MARCO DE REFERENCIAS | 32 |
| 10. MARCO CONCEPTUAL | 46 |

| | |
|---|----|
| | 4 |
| 11. MARCO LEGAL | 51 |
| 12. DISEÑO METODOLÓGICO | 53 |
| 12.1. Tipo de Investigación | 53 |
| 12.2. Materiales y Métodos | 53 |
| 12.3. Procedimiento Experimental | 54 |
| 13. RESULTADOS | 57 |
| 14. DISCUSIÓN | 59 |
| 15. CONCLUSIONES | 64 |
| 16. RECOMENDACIONES | 66 |
| 17. REFERENCIAS | 67 |
| 18. ANEXOS | 71 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>Figura 1. Departamento la Guajira - Municipio de Albania.</i> | 14 |
| <i>Figura 2. Explotación de carbón en el macro norte.</i> | 15 |
| <i>Figura 3. lombriz roja (Eisenia fétida).</i> | 18 |
| <i>Figura 4. Medición de parámetros.</i> | 52 |
| <i>Figura 5. Medición de parámetros.</i> | 53 |
| <i>Figura 6. Cotización de análisis para metales estándar.</i> | 68 |
| <i>Figura 7. Cotización de análisis físico químico – orgánico sólido.</i> | 69 |
| <i>Figura 8. Detalle del pago – Lombriz roja californiana Eisenia Fetida.</i> | 70 |
| <i>Figura 9. Prototipos de sensores.</i> | 74 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1. Documentos utilizados como marco de referencias.</i> | 29 |
| <i>Tabla 2. Datos obtenidos en la primera medición.</i> | 54 |
| <i>Tabla 3. Datos obtenidos en la medición después del tratamiento.</i> | 54 |

LISTA DE GRAFICAS

| | |
|--|----|
| <i>Grafica 1. Valores de los parámetros medidos antes y después del tratamiento por medio de Lombricompostaje.</i> | 55 |
|--|----|

RESUMEN

La degradación del suelo causada por las actividades mineras actualmente ha sido una problemática que ha afectado a los Departamentos de Colombia, especialmente a la Guajira, debido a esto se investigó las diferentes estrategias de Biorremediación existentes, por consiguiente se desarrolló la estrategia de Biorremediación de suelo mediante de la técnica de Lombricompostaje con lombriz de especie *Eisenia Foetida*, por lo cual se transportó 1 kilo de suelo afectado del municipio de Albania, para realizar el tratamiento del suelo afectado. En esta investigación teórico - práctica se obtuvo como resultados iniciales en medición de los parámetros: pH: 6,88 ; Salinidad ppt: 16,1 ; Conductividad Eléctrica (mS): 7, como resultados después del tratamiento: pH: 8,3 ; Salinidad ppt: 2,34 ; Conductividad Eléctrica (mS): 4,67, lo cuales mostraron un mínimo mejoramiento en los parámetros medidos al inicio y después de realizar el tratamiento. Por medio del análisis realizado, se infiere mediante las bases teóricas que la técnica de Lombricompostaje se considera una buena opción como medida de restauración de suelos afectados por actividades mineras.

Palabras claves:

Degradación del suelo, actividades mineras, Guajira, Biorremediación, Lombricompostaje, *Eisenia Foetida*, pH, salinidad, Conductividad Eléctrica, mejoramiento.

ABSTRACT

Soil degradation caused by mining activities has currently been a problem that has affected the Departments of Colombia, especially Guajira, due to this the different existing Bioremediation strategies were investigated, therefore the soil Bioremediation strategy will be developed. using the vermicomposting technique with earthworms of the *Eisenia Fetida* species, for which 1 kilo of affected soil was transported from the municipality of Albania, to carry out the treatment of the affected soil. In this theoretical-practical investigation, initial results were obtained in the measurement of the parameters: pH: 6.88; Salinity ppt: 16.1; Electrical Conductivity (mS): 7, as results after treatment: pH: 8.3; Salinity ppt: 2.34; Electrical Conductivity (mS): 4.67, which showed a minimal improvement in the parameters measured at the beginning and after carrying out the treatment. Through the analysis carried out, it is inferred through the theoretical bases that the Vermicomposting technique is considered a good option as a measure of restoration of soils affected by mining activities.

keywords:

Soil degradation, mining activities, Guajira, Bioremediation, Vermicompost, *Eisenia Foetida*, pH, salinity, Electrical Conductivity, improvement.

1. INTRODUCCIÓN

El suelo es un medio crítico que depende del bienestar de los organismos, de la diversidad de fauna y flora que lo habitan, a su vez del potencial de crecimientos económicos, culturales y sociales de la comunidad que se favorece del recurso, a pesar de ser reconocido el suelo en la Carta Política Colombiana realizada en el año 1991; Al fijar este tema en las agendas de los gobiernos locales, los vacíos normativos persistieron, por lo cual hoy no existe un control nacional sobre la defensa y conservación de este recurso, sistemáticamente se a ejecutado una series de acciones para el seguimiento y evaluación de los impactos que ha tenido el suelo, para así analizar las afectaciones que ha alcanzado las comunidades, el sector económico de estas a nivel local y por región.

La contaminación del suelo por actividades mineras, representan un gran impacto negativo en los ecosistemas terrestres, el cual puede ampliarse hasta afectar los factores económicos y salud de la población local. Estos impactos son generados en las diferentes etapas mineras (Exploración, construcción y montaje, Explotación y Cierre).

En el suelo, los impactos pueden ser específicamente los siguientes: Pérdidas de las propiedades físicas (Permeabilidad y porosidad), Afectación en la estructura Edáfica, Afectación al nivel freático del suelo, alteración de las propiedades químicas (pH, Presencia de Materia Orgánica, etc.) y a su vez la contaminación por metales pesados, los cuales son extremadamente tóxicos. (Guerrero M & Pineda V, 2016).

Actualmente el crecimiento exponencial de la minería es la principal preocupación de diversos campos de investigación. Esto se debe a que esta actividad produce un sin número de

elementos y residuos altamente contaminantes, los pueden afectar medioambientalmente y el bienestar de la población. Igualmente, la degradación paulatina del recurso natural provocada por diferentes tipos y densidad de concentración de sustancias tóxicas orgánicas e inorgánicas que crean desequilibrios ecológicos y contaminan las bases críticas de la vida (aire, agua y suelo). Causa desertificación y degradación ambiental irreversible en las áreas afectadas.

Por tal motivo se realizó esta propuesta de investigación con el objetivo de realizar un compost de lombriz y exudado (humus) proveniente de la digestión de la lombriz (*Eisenia fetida*). Comúnmente conocidas como lombrices de tierra de California o lombrices de tierra rojas, las cuales se utilizan para tratar la contaminación del suelo con metales pesados y otros contaminantes.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pérdida de propiedades del suelo mediante la contaminación por metales pesados es una problemática ambiental mundial, debido a la generación de un sin número de residuos considerados potencialmente peligrosos, que tienen afectaciones medioambientales y en la salud de las comunidades, de igual manera se genera desequilibrios ecológicos por lo cual, una degradación gradual de los recursos. Ocasionados por la variedad y gran densidad de contaminantes peligrosos.

Los diferentes niveles de concentración alcanzados por estos contaminantes, provocan afectaciones en la propiedad física, fisicoquímica, química y orgánica del suelo; propiedades de las cuales se puede encontrar la disminución de los compuestos orgánicos, reducción de

nutrientes, alteración de la Acidez (pH) originando acidificación de los suelos, variación en la temperatura y alteración de la actividad en los microorganismos, afectando el desarrollo de la cobertura vegetal, incrementando la esterilidad, la erosión y la filtración de las sustancias peligrosas ha suelos aledaños y cuerpos de aguas subterráneas contiguos; resultando en él aumentando de ataques de invertebrados (insectos), enfermedades y plagas, impactando el crecimiento.

Una de las actividades que genera gran mayoría de metales pesados, es la realización de la minería, la cual contamina al medio ambiente por lo tanto a los suelos y los subsuelos porque el contenido de metales pesados es conjunto de elementos químicos que muestran una densidad alta, lo cual los hace tóxicos causando efectos inmediatos en el desarrollo de las plantas generando la inhibición del crecimiento normal, la reducción de los microorganismos microbianos del suelo, igualmente la perturbación funcional de los compuestos ambientales, ya que en los suelos, hay gran presencia de compuestos metálicos, pesados representados como iones libres, metales solubles, compuestos insolubles como los carbonatos, óxidos e hidróxidos, afectando directamente los organismos, través la inactivación enzimática debido a la creación de enlaces entre grupos de las proteínas y el metal, causando afectaciones mortales en los microorganismos (Tatiana M.C 2016).

Entre los contaminantes encontramos el mercurio, el arsénico y el plomo aunque se presente a baja concentración, estos se pueden incorporar a través de la cadena trófica por medio de las raíces de los organismos vegetales como las plantas, los cuales absorben los metales pasado del mismo, estos son transferidos directamente a sus hojas haciendo que entre a la cadena alimenticia, por lo cual se pueden transportar atrás vez del suelo, aire y agua.

2.1. PREGUNTA PROBLEMA

¿Qué eficiencia tiene el Lombricompostaje como estrategia de Biorremediación, para los suelos degradados, ocasionados por la actividad minera en el Municipio de Albania - Departamento de la Guajira?

3. OBJETIVOS GENERAL

Diseñar una estrategia de Lombricompostaje para la restauración del suelo contaminado por las actividades mineras en el municipio de Albania - Departamento de la Guajira.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar el Lombricompostaje, como método de tratamiento en la muestra de suelo contaminado por actividades mineras.
- Evaluar la efectividad del tratamiento de Lombricompostaje en suelos contaminados por actividades mineras
- Comparar las propiedades físico - químicas del suelo contaminado después de ser tratado por medio de la técnica de Lombricompostaje.

5. HIPÓTESIS

A través de la técnica de Lombricompostaje es posible analizar la eficiencia que esta tiene para biorremediar suelos contaminados por actividades mineras, por medio de la normalización de los parámetros medidos (pH, Conductividad Eléctrica y Salinidad).

6. JUSTIFICACIÓN

El objetivo de desarrollo sostenible asociado a este estudio es el número 15, el cual va relacionado con la vida de los ecosistemas terrestres, ya que está asociado a la lucha contra la desertificación, la restauración de tierras degradadas, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, con el fin de esforzarse para luchar en contra la degradación de la tierra.

La línea de investigación institucional a la que va relacionada este estudio es la de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el área de Gestión Ambiental, ya que aporta en la Evaluación de Riesgos Ambientales y en la Elaboración de Estudios Ambientales.

Mediante esta investigación se busca generar métodos que ayuden a la restauración de los suelos luego de la etapa exploratoria, para recuperar la capa vegetal y así resarcir el daño ecológico causado por la minería en Albania, departamento de la Guajira (Norte del territorio Colombiano).

Durante el desarrollo de este trabajo investigativo se presentan perspectivas fundamentales que aporta en la resolución de impactos ocasionados por la afectación de los suelos. Este hace parte de una determinación medioambiental, encajando en un avance con sostenibilidad. Mediante diferentes estudios se encontró que las lombrices de

tierra son capaces de asimilar diferentes concentraciones de distintos metales en su vía digestiva, sin causar una intoxicación a estas.

Los beneficios, en este caso de la lombriz (*Eisenia fétida*), es que se puede realizar lombricompostaje, el cual se utiliza para la estabilización de algunos parámetros físicos de los suelos como su composición (Jongmans et al. 2011), retención de agua, capacidad de escorrentía y afectaciones negativas, igualmente las propiedades químicas y biológicas en la afectación de las capacidades orgánicas y los nutrientes. Todas estas etapas aportan fundamentalmente a la fertilidad del suelo, así mismo al desarrollo y producción de las plantas.

Estudios demuestran que las actividades mineras de aprovechamiento de Níquel en minas descubiertas al cielo, aumenta la infertilidad y afecta el desarrollo de los organismos vegetales en áreas cercanas a estas (Prematuri, Ricksy de 2020).

La devastación o alteración radical del lugar y la contaminación por contaminantes altamente tóxicos, genera una alta probabilidad de afectación en la diversidad biológica local. Este impacto es el factor de riesgo fundamental para el perjuicio irreversible de la diversidad Biológica, debido a que impacta negativamente la vida animal, vegetal y todos los seres vivos en general, especialmente los endémicos, los cuales son altamente perceptibles, debido a que necesitan factores específicos; la mínima alteración de estos factores podrían desembocar a la total eliminación de las especies.

Debido a esto, este trabajo investigativo busca ampliar conocimientos en estas tecnologías e impulsar a las empresas que principalmente generan afectaciones al medio

ambiente y la sociedad en esta zona de la Guajira, para que implemente métodos o tecnologías que vayan a fines con las acciones para mejorar las propiedades del suelo y así biorremediar el impacto negativo de la actividad de minería.

7. DELIMITACIÓN Y ALCANCE.



Figura 1. Departamento la Guajira - Municipio de Albania.

Fuente: Ocaribe (<http://www.ocaribe.org/imagenes/img-caribe.png>)

El proyecto se establece la propuesta de estrategia en el departamento de la Guajira, exactamente en el municipio de Albania; el departamento de la Guajira limita parte del Oeste y Norte del territorio limita con las aguas tropicales del mar Caribe, con el país Venezolano limita al Este; con el Departamento del Cesar limita la Sur y por último limita al SurOeste con el departamento del Magdalena; Riohacha es la ciudad capital, su extensión territorial está

constituida en el medio del departamento una Bajiplanicie, al Norte por la península de La Guajira y al Sur con partes de las montañas de la Sierra Nevada; el área departamental cuenta con aproximadamente 20.848 km². Se encuentra constituido por 15 municipios, y con 965.718 pobladores censados (2020).

Dentro de su climatología se destaca por tener una temperatura promedio de 37°C y picos máximos de 39,5°C con un relieve por debajo de los 1.000 m.s.n.m. (Gobernación de la guajira, 2022).

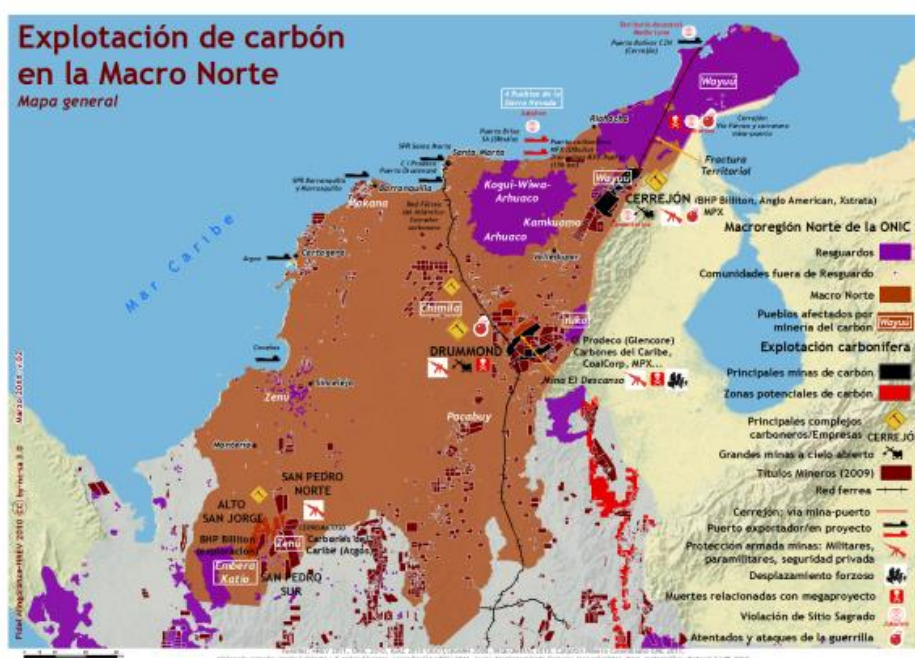


Figura 2. Explotación de carbón en el macro norte.

Fuente: (<https://mineriavscolombia.files.wordpress.com/2011/06/carbonmnortev2.png?w>

=584)

En la (Fig.2) se evidencia algunos departamentos con la creciente actividad de las minas de carbón, níquel hierro, arena, triturado, cal, entre otros que ha generado esterilidad en los suelos,

creando áreas desérticas, aumentando el calentamiento global por no presentar capa vegetal que filtre los gases contaminantes emitidos como los del Efecto Invernadero, el cual genera gran polución durante los procesos extractivos y trituración de los diferentes componentes a extraer, creando problemas a la comunidad asociados a deterioros respiratorios por la microparticulación de estos elementos.

En estos departamentos se encuentran relacionados los siguientes datos sobre minas:

Actualmente en el Cesar, se han expedidos 348 permisos de minería activos, sumados ocupan 277.180 Ha, representando el 12,39% del territorio departamental. Dentro de estos títulos, 51 están en avance exploratorio, 78 están en etapa de Montajes y Construcción, y por último 219 ya se encuentran en proceso de explotación.

Ubicados específicamente entre Jagua de Ibirico, Loma Becerril, Potrerillo, Chiriguáná entre otros municipios pertenecientes al departamento.

En el departamento del Atlántico el MME ha entregado 77 Permisos para el aprovechamiento minero; los cuales son clasificados por su actividades de producción como: Materiales de Construcción se encuentra 35 títulos, la producción de Calizas cuenta con 20, Arena con 14 títulos otorgados, la explotación de Arcilla cuenta con 5 títulos minutos, Otros 3. Distribuidos en los siguientes municipios: Barranquilla 16, Repelón 13, Puerto Colombia 10, Luruaco 8, Tubará 8, Juan de Acosta 5, entre municipios 17. Según (INGEOMINAS, 2019).

El Departamento de la Guajira actualmente presenta 45 títulos mineros otorgados y tres autorizaciones temporales destinadas para obras públicas (Manaure, 2018).

En Magdalena se encuentran 83 permisos de aprovechamiento minero otorgados los cuales sumados cuentan con una extensión territorial de 38.824 Ha. (Catastro Minero Colombiano, 2017).

- Números de proyectos según etapa actual: Exploratoria (8), Construcción y Montaje (4), por último, se encuentran 71 proyectos en la etapa de explotación de materia prima.
- Números de proyectos según el tipo de material explotado: Carbón mineral (5), Carbón y otros minerales (3), Material utilizado para el grupo de Construcción (52), Materiales para la Construcción y otros minerales (7), explotación de Oro y metales preciosos (2) y metales preciosos, 14 de otros minerales.
- Se encuentra en “Propuesta de Contrato de Concesión” (124);
Autorizados temporalmente: Explotación de Carbón (1), Explotación de Carbón Mineral y otros (1), Materia prima destinada a la Construcción (54), Materia prima para la construcción y otros minerales (18),
Explotación de Oro (15), 3 correspondientes a explotación de Oro y otros metales y por último 13 contratos con autorizaciones temporales para aprovechamiento de otros minerales.
- Se encuentran 18 solicitudes de legalización basados en la Ley 1382 del 2010.

8. MARCOS:

8.1.MARCO TEÓRICO

8.1.1. Lombricultura o cría de lombrices:

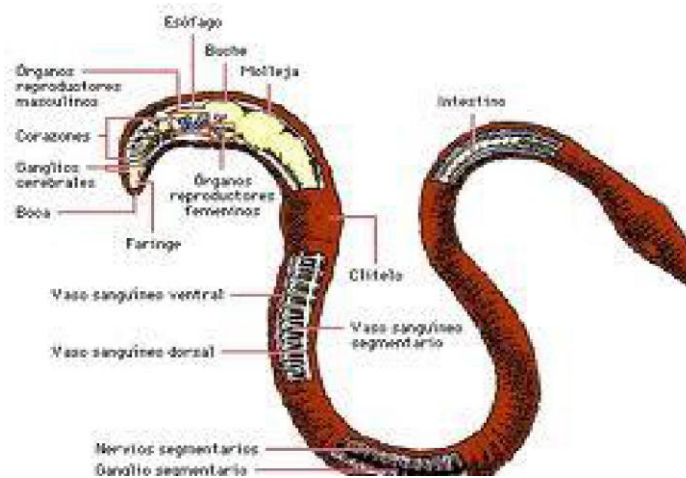


Figura 3. lombriz roja (*Eisenia fétida*).

Fuente: Manual web lombricultura.com

En la actualidad la lombriz (*Eisenia fétida*), es utilizada en la Lombricultura, ya que es capaz de convertir prácticamente cualquier tipo de residuo orgánico en lombricomposta; de igual manera es comúnmente utilizada para reducción y control de contaminantes generados por las actividades mineras.

Son diferentes factores que influyen en la eficiencia y eficacia en su reproducción, debido a la gran flexibilidad que tienen estos factores, permite que sean criadas en algún zona no específica. Factores como la temperatura la cual debe no debe ser superior a 40°C; esta especie de lombrices logran el tope más alto en su etapa reproductiva en temperaturas entre los 14 y los 27°C, siendo su reproducción mínima a temperaturas un poco más altas (cálidas). Se ha logrado identificar que las lombrices bajan su reproducción a nula y producción mínima de abono, cuando baja a 7°C.

La especie Eisenia Fétida en etapa mayor (adulta) logran pesar entre 0,2 y 1,5 grs; la cantidad alimenticia es igual a la de su peso, donde el 55% de este se traduce en compost. Siendo muy eficiente como método de compostaje de residuos orgánicos.

En cautividad aproximadamente tienen una vida de 48 meses, durante este tiempo la cantidad de especímenes se multiplica cuatro veces semestralmente, es decir, 16 veces anualmente, 256 durante los 24 meses y 4096 durante 36 meses.

8.1.2. Lombricomposta:

Esta técnica usa la Eisenia Fétida como instrumento para transformar los desechos orgánicos. El Humus que genera la Eisenia Fétida, es muy parecido a la tierra, producida mediante la digestión de los desechos orgánicos, muy rico a nivel nutritivo y que suele utilizarse como fertilizante sustitutos. Los lixiviados son líquidos que resultan de la degradación del material orgánico, su olor es por lo general desagradable, pero son excelentes abonos foliares (Rodriguez.P, 2018).

8.1.3. Desarrollo de un cultivo de lombrices:

Según el ingeniero agrónomo José Padilla en mejor método de implementación de un cultivo de lombrices (*Eisenia fétida*) consiste en los siguientes componentes:

8.1.3.1. Características del lugar:

- Oferta natural del Agua.
- De ser accesible el recurso hídrico.
- Que se localice cerca del lugar donde se pueda sustraer los alimentos.
- La parcela debe ser plana, con una pendiente leve, para desaguar épocas de lluvia.

8.1.4. Características de la crianza:

Como primer paso, la *Eisenia Fétida* debe permanecer en lecho con anchura de 1 metro, altura de máximo de 60 cm, mínima de 40 cm y largo de 20 metros. Para garantizar la humedad, se debe levantar una pared de aproximadamente 30 cm de alto en el perímetro, para garantizar el porcentaje de humedad y una mejor protección. El cultivo puede comenzar con 3.000 lombrices por m².

8.1.5. Características de la Materia Prima:

Según el manual de lombricompostaje para los caficultores de la región de Otomí-tepehua de hidalgo, primero se pone una cama de 10 centímetros de altura de césped seco, madera y paja, etc., luego se añaden los elementos a degradar en camas de 30

centímetros de altura, posteriormente de forma alterna una cama de excremento de gallina, posteriormente se espolvorea yeso, el cual mantendrá neutral el pH. Luego, se deposita más materia orgánica hasta obtener el Alto y Ancho anhelado. En la preparación de estos ingredientes se tiene en cuenta la variabilidad climática, la regularidad de cambios de sitio, esto se debe realizar entre 14 días y el mes. El material seco, puesto como primera cama de la pila, concentrará y reservará el Nitrógeno, evitando la filtración de en la zona superior; de igual manera ayudará como refugio a las lombrices. (Polo. J, 2013)

8.1.6. Características de la Alimentación:

En la características de la alimentación de las lombrices se tiene en cuenta la utilización de sustrato el cual se basa en una mezcla de residuos orgánicos (basura doméstica, residuos de la agroindustriales y desechos de las cosechas, etc.), también se tiene en cuenta los desechos (estiércol), teniendo una proporción de 1 a 3. Es importante que la materia sea degradada por descomposición entre 14 y un mes, antes de depositar las lombrices. Se podría acidificar y aumentar la temperatura la materia, durante la etapa de alteración o degradación, afectando la lombriz causando estragos, por lo cual se establecen condiciones óptimas:

- 6.5 - 7.5, - PH.
- 75%, - Humedad.
- 15 - 25°C, -Temperatura.
- 13%, -Proteína (Polo. J, 2013).

8.1.7. Características del Manejo:

El manejo de las camas consiste en suministrar agua, alimentar a largo de la cama y preservar las lombrices, por consiguiente una vez las lombrices este en la cama, esta debe pasar un tiempo de 7 a 15 días para que las lombrices consuma la comida base, esto depende de la porción de alimento y la densidad de la población de lombrices; se observan grumos pequeños, por lo otro lado establecen que es característico del lecho principal de no tenga comida, para así crear la necesidad de agregar el alimento.

Este manejo permite vigilar si el alimento está correctamente preparado, si después de 2 ó 3 días en la parte interna de la cama todavía están las lombrices poblando la materia de alimentación nueva, se clasifica el alimento aceptable, en el caso falta de presencia de las lombrices se descalifica por lo que tendría que variar por otro, adicionalmente esto logra establecer el tiempo de suministrar alimento nuevos a la capa, observando la cama plana en la parte superior

Por otro lado, la humedad en la cama debe mantenerse aproximadamente al 80%, se debe vigilar y realizar un prueba donde se agarra con el puño una cantidad de comida, si la humedad es óptima, ocurrirá de 8 a 10 gotas. , se recomienda el control diario de la humedad en la estación templada, cada cantero debe tener una hendidura en cada lado para evitar que cuando llueva fuerte se generan charcos y la lluvia hogue a las lombrices en la población de insectos.

Otra opción es poner una cama de material seco, con un espesor 10 centímetros, encima. Tiene como propósitos retener la humedad evitando que el Sol pase

verticalmente en la parte superior de la cama, evitando que se seque demasiado y que la precipitación de lluvia entre de forma directa sobre la cama.

Para el uso de las camas, se debe tener un formato de registro periódicamente con información de: días de trasplante, periodo de nutrición, fecha de la cosecha y adónde ha ido la cría (trasplantada de otro capa), problema, Kg de lombrices producidos, etc.

Al cultivarlas en camas (sin muro), se debe tener cuidado al manipularlas, de no ser así se correrá con la posibilidad de que los gusanos se escapen y/o mueran. Por otra parte, si se requiere construir una cama extra se pone 10 m de Sustratos encima de 1,5 m de Ancho y 10 cm de Alto, luego se deposita 10 kilogramos de lombrices en una cama de 10 centímetros, cada vez que las cama llene el sustrato

La superficie contará con una pendiente de 4%, bien drenada para no tener posibilidad de encharcamientos en época de lluvias. La capa no puede superar una altura de 60 cm, ya que se puede producir fermentación anaeróbica, la cual degrada la calidad del Humus (Polo. J, 2013).

8.1.8. Cosecha:

Según el manual de lombricompostaje direccionado a aquellos caficultores de la zona de Otomí-tepehua de Hidalgo, la cosecha la realizan cuando la porción de lombrices es grande, luego esperan 9 meses y así puede empezar a cosechar. por lo cual, suspenden varios días la alimentación nueva, por consiguiente, ponen material nuevo en la parte más centralizada de la cama, las lombrices se aglomeran, por lo tanto, pueden ser tomadas y aseguradas, durante la extracción del humus (Polo. J, 2013).

8.2.Biorremediación:

Es una técnica que se utiliza en los suelos afectados por contaminación, para desarrollar la agilización de la restauración de las propiedades del suelo. Este tiene como objetivo la optimización de la degradación natural de los microorganismos, simulando las condiciones perfectas y primordiales para el desarrollo y disponibilidad del contaminante, de igual manera el estrés abiótico sobre la cobertura vegetal. (Ortega.N.,2019).

7.2.1. Biorremediación In-Situ:

Actualmente la práctica Biorremediación In- Situ es la alternativa promedio mayormente usada, ya que es una técnica muy económica y a la poca invasión negativa al suelo, debido a que la técnica se realiza en el mismo sitio, se evita la excavar el terreno y la movilización de estas sustancias tóxicas. En cambio, la biorremediación in situ presenta una reducción de la efectividad por la profundidad del suelo. El O₂ es una de las variables más importantes y que afecta la efectividad de la técnica (Vidali, 2001).

Los procedimientos más importantes son:

7.2.2. Bioventilación:

Este se basa en la aireación obligada al terreno mediante la administración a altas presiones de O₂ en el suelo no saturado mediante llaves de inyección. Debido a la ventilación del terreno, se ve un fortalecimiento en la eliminación natural de los compuestos derivados del petróleo, por estas causantes: evaporación, favoreciendo el proceso migratorio de la etapa vaporosa de las sustancias causante de la contaminación, y por medio de bio degradar los compuestos contaminantes, debido al aumento de la aireación del terreno se incita el aumento de

microorganismos, se logró una remoción del 95% de los contaminantes por Biodegradación (Sui et al., 2006).

7.2.3. Biosoarging:

Es una alternativa en el lugar que junta la aireación de la técnica de Bioventilación, con el uso de organismos micros autónomos que generan la degradación de contaminantes orgánicos filtrados por el terreno, en el suelo saturado. En técnica biosparging, los compuestos nutritivos y el oxígeno se insertan en el terreno cargado, para aumentar la acción de los organismos micros actuales. Generalmente esta práctica se realiza para la purificación de los contaminantes en terrenos y acuíferos. Estudios han demostrado la alta efectividad de esta técnica para la biodegradación de compuestos hidrocarburos clorados (Bass et al., 2000).

7.3. Biorremediación Ex-Situ:

Lo que más caracteriza a esta técnica es su rapidez, control total de esta y su éxito logrado en suelos totalmente contaminados con diferentes sustancias tóxicas. Pero, antes de realizar la técnica primero que todo se debe excavar el terreno y realizar un método de tratamiento antes y en algunos casos, un tratamiento posterior al método de Biorremediación, siendo así una representación de costos mayores en comparación a la técnica en el sitio (in situ).

El Landfarming es un método muy simple donde el terreno afectado es removido y esparcido sobre la lámina hidrofóbica (Membrana impermeable). Luego, el terreno es revuelto periódicamente durante un tiempo determinado hasta obtener la remoción total de las sustancias que afectan negativamente el suelo. El enfoque principal de esta técnica

es aumentar el porcentaje de degradación de los Microorganismos Autóctonos, por medio de la inyección de aire, manejo de la humedad y suministro de nutrientes (Straube et al., 2003).

El modelo que se basa en la homogeneización del terreno afectado por las sustancias tóxicas con desechos orgánicos, como los cuales se caracterizan los residuos agrícolas y el abono abono, es aquella que se denomina Compostaje; la ausencia de esta materia orgánica no logra el crecimiento del número de microbios y de una mayor temperatura (Ma et al., 2003, Jiang et al., 2006).

7.4. Biopilas:

La unión entre ambos métodos de laboreo del terreno y el método de compostaje. Consta en la creación de pilas biodegradables de magnitud cambiante, constituidas por compost (materia orgánica) y terreno contaminado con factores óptimos que garantiza la degradación natural de los contaminantes. Las biopilas tienen la capacidad de ser aireadas de forma activa, por medio de la aireación mecánica (Revolviendo) o pasivamente, por medio de tuberías perforadas. “Lurry” o bien conocido como reactores con sueño suspendidos, se basa en la composición entre terrenos afectados por contaminantes y H₂O (agua) dentro de un biorreactor, donde el cual se le adiciona bacterias (microorganismos), aire inyectado (aireación) y un sin número de nutrientes. Logrando una reducción en la velocidad de degradar y un bajo tiempo de tratamiento (Barbeau et al., 1997, Quintero et al., 2005, Quintero et al., 2006).

Parámetros:**pH:**

Esta variable juega un papel fundamental en el suelo, puesto que determina el nivel de absorción de los nutrientes que se proporcionan a las plantas a través de las raíces, desempeñándose como un indicador de estos, así como también la influencia de las propiedades química, física y biológica en la presencia de estos elementos o nutrientes esenciales. El pH permite establecer qué tan ácido o básico está la composición de los suelos, los valores van de 0 a 14, aquellos que están por debajo de 7 se consideran como pH ácido y los que están por encima de 7, se consideran alcalinos, cuando los valores se presentan por debajo del rango determinado se presentan carencia de los siguientes elementos Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (C), Azufre (S) y Magnesio (Mg), o por lo contrario, si están muy elevados las concentraciones, afectan la presencia de nutrientes micros tales como Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu) o Zinc (Zn). En los suelos que se presenta un valor de pH inferior a 6.5 se encuentra iones de Aluminio, que reducen la presencia de Fosfatos, Sulfatos y Molibdatos, así como también, se restringe la desnitrificación y es muy poca la presencia de materia orgánica (Intangri, 2018).

Temperatura:

La Temperatura del suelo está relacionada de forma directa a la temperatura de la atmósfera, debido a que el suelo aísla el flujo de calor entre la tierra y la atmósfera. Este

parámetro influye mucho en los brotes y desarrollo de la cobertura vegetal, por ejemplo, si las temperaturas de los suelos aumentan, se acelera la etapa de germinación.

De igual manera la Temperatura influye en la presencia de materia orgánica del suelo, debido a que los microorganismos descomponedores, actúan de forma más eficiente en temperaturas bajas. Debido a esto, el análisis de esta variable es muy importante (IOLAND, 2020).

Salinidad:

Este término hace referencia a la presencia de sales que contienen cloruro y nitratos en el suelo, estas se concentran gracias a la evaporación y transpiración; proporcionando un incremento del potencial osmótico del agua presente en el suelo lo que afecta la absorción de este líquido en las plantas y cultivos, la salinización tiene origen natural y antropológico en la zonas con una altura inferior de la región, también en suelos drenados, en climas secos o subhúmedos, la segunda es gracias al uso de fertilizantes o presencia de sales en las aguas de riego (Agrosal, s.f.)

Este tipo de suelos presentan una alta concentración de sales mucho más solubles que el carbonato de calcio y el yeso, como consecuencia, se inhibe que crezcan las plantas, afecta la absorción de los nutrientes y la actividad microbiana en el suelo. Existen métodos para prevenir la salinidad, por ejemplo, aplicar exceso de agua de riego o lluvias de tal forma que supere la que se evaporará, la lixiviación se emplea para épocas o fases críticas, como en periodos de sequías y se programa mediante riegos tornándose eficaz cuando los niveles de evapotranspiración son bastante bajos como en las noches cuando la humedad es elevada (FAO, 2019).

Conductividad:

Es la capacidad que tiene un líquido en conducir la energía eléctrica a determinada temperatura, se define también como la sumatoria de la conductividad de cada tipos de iones, va de la mano con la salinidad, su estimación es relacionada a la concentración de sales presentes, se mide en deciSiemens/m, su principal objetivo es definir si las sales solubles son suficientes de tal forma que afectan la germinación de las semillas, el desarrollo de la vegetación o la capacidad de absorción de agua. La conductividad se rige bajo las diferentes propiedades químicas y físicas del suelo, y aumentará si el suelo contiene un gran porcentaje de humedad, estos presentan porosidad alta y menos densidad aparente por lo que retienen mayor cantidad de agua, así como también, alta presencia de sales disueltas es decir mayor salinidad y capacidad de intercambio catiónico y por último la CE incrementa en suelos con textura finas tales como las arcillas (Jaschek, 2016).

9. MARCO DE REFERENCIAS

Tabla 1. Documentos utilizados como marco de referencias.

| Título | Autor | Fecha y lugar | Descripción | Contenido | metodología |
|---|---|---------------|--|--|--|
| Diagnóstico de la información ambiental y social respecto a la actividad minera y la extracción ilícita de minerales en el país. | Elaborado por expertos nacionales e internacionales bajo el marco conceptual al IPBES | Mayo 2019 | Trabajo de Investigación Científica y Sociológica sobre el Impacto de la Extracción y Explotación Ilegal de Minerales en el Ecosistema del Territorio Colombiano | La Corte Constitucional mediante la Sentencia T 445 de 2016, ordenó al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, al El Ministerio del Interior, el Servicio de Parques Nacionales, el Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y la | Estudio científico y sociológico de los efectos de las actividades mineras en el ecosistema del Territorio Colombiano. |

| | | | | | |
|----------------|--------|-----------------|-------------------|---|----------|
| | | | | <p>Contraloría General de la República conformaron una mesa de trabajo interagencial encaminada a construir investigaciones científicas y sociológicas, en la cual Identificar e identificar conclusiones nacionales respecto al impacto de la minería.</p> <p>Actividades sobre el ecosistema del Territorio Colombiano.</p> | |
| DETERMI | Mónica | 6 de junio 2015 | La degradación de | Se basa en la “Guía | Artículo |

| | | | | | |
|---|---|--|--|--|---------------------------------|
| <p>NACIÓN DE LA DEGRADA CIÓN DE SUELOS POR MINERÍA AURÍFERA ALUVIAL EN LA RIBERA DEL RÍO SAN PEDRO, PUERTO LIBERTAD OR, CÓRDOBA , COLOMBIA</p> | <p>C. Cantero, Vanina I. Rhenals, Argemiro J. Moreno.</p> | | <p>la tierra es la pérdida de la productividad y utilidad actual o potencial , lo que significa que se degrada la capacidad natural del suelo para producir bienes y servicios y para realizar funciones de regulación ambiental. (Lal, 1998).</p> | <p>de Evaluación Ambiental de los Recursos Naturales de Suelos del Ministerio de Agricultura del Gobierno de Chile” publicada en 2011 y se determina como la disposición de recursos con propiedades similares a los suelos afectados, esto permite tomar decisiones . El suelo es un recurso finito, logrando una proporción de suelo con propiedades</p> | <p>científico publicado</p> |
|---|---|--|--|--|---------------------------------|

| | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|
| | | | | <p>fisiológicas comparables al suelo afectado (degradado).</p> | |
| <p>EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TRES PROCESOS DE BIORREMEDIACIÓN EN SUELOS CONTAMINADOS CON PETRÓLEO, MEDIANTE LA</p> | <p>IVONNE ANDREA ORTEGA ORJUELA NICOLA ANDRES QUIROGA DIAZ</p> | <p>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL BOGOTÁ D.C. 2019</p> | <p>El desarrollo de 1 proyecto evaluó la efectividad de 3 técnicas para Bioremediar a escala piloto en suelos afectados por concentraciones conocidas de hidrocarburos de escorrentía inducida, seguidas de concentraciones letales de laboratorio de</p> | <p>La biorremediación es una herramienta la cual tiene como objetivo aumentar la eficiencia de los organismos vivos en descomponerse para restaurar un medio ambiente afectado.</p> | <p>Tesis como requisito para optar a ingeniero ambiental</p> |

| | | | | | |
|--|---------------------------|--------------------------|---|--|---------------------------------|
| <p>DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN LETAL 50 (CL50) EN LA LOMBRIZ CALIFORNIANA, EISENIA FOETIDA (LOMBRICIDA)</p> | | | <p>diferentes concentraciones de cada una.. Se pretende evaluar la eficiencia de la tecnología. Al principio y al final del experimento, finalmente se identifica la mejor opción en base a los resultados de los bioensayos aplicados.</p> | | |
| <p>Manual de lombricompostaje para los caficultores</p> | <p>Javier Polo García</p> | <p>2013, México D.F.</p> | <p>Manual práctico de lombricompostaje utilizando, los residuos orgánicos</p> | <p>El proceso de la elaboración de la lombricomposta permite la utilización de</p> | <p>Manual de lombricultura.</p> |

| | | | | | |
|--|---|---------------------------------|--|--|------------------------------|
| <p>de la región de Otomí-tepehua de hidalgo</p> | | | <p>resultantes de la producción de café en la región de Otomí-tepehua.</p> | <p>diferentes materiales orgánicos que facilitan la reproducción de la especie además de los beneficios dados por el humus y el fertilizante orgánico para las plántulas de café.</p> | |
| <p>Manual de lombricultura</p> | <p>Pedro Mejía Araya Lombricultor, co - propietario y Asesor Técnico de</p> | <p>Villarrica, 2011, Chile.</p> | <p>Este MANUAL de la LOMBRICULTURA tiene como objetivo divulgar temas, aspectos, problemáticas y avances de la lombricultura en Chile.</p> | <p>La tierra que fluye por el cuerpo se transforma y se convierte en un excelente alimento para la digestión y absorción de las plantas, con 5 veces más nitrato, 7 veces más fósforo,</p> | <p>Manual lombricultura.</p> |

| | | | | | |
|--|-------------------------|---|---|---|-------------|
| | AGROFLOR LOMBRI CULTURA | | | 11 veces más potasio, 2 veces más calcio y 2 veces más magnesio. | |
| Manual Práctico para la Lombricultura | Agro Lanzarote . | Junio 9 /2013 LZ-34 Km.1 35500 Arrecife Las Palmas España | El humus de lombriz es uno de los mejores fertilizantes orgánicos porque es rico en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, elementos esenciales para el desarrollo de las plantas. Proporciona nutrición balanceada a las | Un buen suelo es esencial para una buena cosecha. El suelo debe contener todos los nutrientes que las plantas necesitan para crecer y la estructura que las mantiene firmes y erguidas. | Manual web. |

| | | | | | |
|--|--------------------------|---|---|---|--|
| | | | plantas Elementos básicos que pueden ser utilizados y absorbidos por las raíces. | | |
| EFICIENCIA DE LOMBRICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR LA MINERÍA A CIELO ABIERTO, | Tatiana Mosquera Cordoba | 19 de febrero del 2017 - Departamento del choco | La realización de este estudio representa una iniciativa ambiental integrada en el desarrollo sostenible y brinda importantes perspectivas para resolver los problemas causados por la degradación del suelo por la | Este desarrollo de investigación no solo ha permitido conocer la remoción de metales pesados en suelos minados mediante técnicas de vermicompostaje, sino también los impactos sociales, culturales, económicos y ambientales | Trabajo investigativo presentado como requisito parcial para la obtención del título de: Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. |

| | | | | | |
|---|--|--|---|--|-----------------------------|
| <p>EN EL MUNICIPIO DE UNIÓN PANAMERICANA, DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ</p> | | | <p>minería a cielo abierto.</p> | <p>asociados a la realización de este proceso.</p> | |
| <p>CONTAMINACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA MINERA DE RASGATÁ BAJO (TAUSA). MODELO</p> | <p>María Eugenia Guerrero Useda1, Vanessa Pineda Acevedo 2</p> | <p>29 de febrero de 2016. Tausa Cundinamarca</p> | <p>El suelo es un recurso esencial que determina la salud de las personas, las especies animales y vegetales que en él habitan, así como el potencial de desarrollo económico y</p> | <p>Siguiendo el esquema metodológico aplicado en [3, 4], se diseñó un estudio de mezcla utilizando una combinación de técnicas cualitativas y cuantitativas y se</p> | <p>Artículo científico.</p> |

| | | | | | |
|--|--|------------------------|--|---|----------------------|
| CONCEPTUAL | | | social de las comunidades que se benefician de él | utilizó para diseñar un modelo conceptual de suelos potencialmente afectados por contaminantes, se extrajeron datos de actividades antrópicas. Extracción y conversión de carbón y arcilla. | |
| EFFECTS OF THE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (Eisenia foetida), | Isabel C. Zapata, Laura Martínez, Estefanía Posada, María E. González, | 23 de octubre de 2016, | Las actividades que cambian la composición del suelo incluyen la minería que causa un mayor daño visible al suelo al crear tajos | La biorremediación de suelos es un tema que se ha venido investigando en los últimos años presenta ventajas frente a la | Artículo científico. |

| | | | | | |
|--|--|---|---|--|---|
| SOBRE EL CRECIMIE NTO DE MICROOR GANISMO S EN SUELOS CONTAMI NADOS CON MERCURI O DE SEGOVIA, ANTIOQUI A | Juan F. Saldarria ga. | | abiertos, pilas de relaves, estanques de relaves y otras instalaciones mineras. | remediación físico- química, bajo costo e impacto positivo en el entorno social. | |
| EFEECTO DEL HUMUS DE LOMBRIZ | PAOLA GABRIE LA RODRIG UEZ | 28 de agosto de 2018, Ucayali, Perú | El propósito de este estudio fue verificar la remediación de suelos | Este estudio se desarrolló como una alternativa de solución para la remediación de | TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL |

| | | | | | |
|--|--|------------------------------------|--|---|-------------------------|
| <p>EN LA REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADO CON CRUDO DE PETRÓLEO. UCAYALI, PERÚ</p> | <p>BERNA</p> | | <p>contaminados con petróleo mediante la aplicación de humus de lombriz.</p> | <p>suelos principalmente debido a los constantes derrames de petróleo ocurridos en el Perú durante el año 2017 y los constantes derrames de petróleo en varios países especializados en la extracción y procesamiento de hidrocarburos.</p> | |
| <p>BIOINDICADORES EN SUELOS Y ABONOS</p> | <p>Jairo Mora Delgado Amanda Silva</p> | <p>UNIVERSIDAD DEL TOLIMA 2019</p> | <p>Debido a que los suelos albergan una amplia variedad de macro y</p> | <p>Este documento proporciona una descripción general de los efectos del compost en el suelo</p> | <p>Libro publicado.</p> |

| | | | | | |
|-------------------------|---|--|--|--|--|
| <p>ORGÁNICOS</p> | <p>Parra Natalia Escobar Escobar.</p> | | <p>microorganismos que interactúan entre sí, contribuyen a los ciclos globales naturales y realizan una variedad de funciones que forman uno de los ecosistemas más complejos, se consideran. Las bacterias, los hongos y los actinomicetos son microorganismos importantes en la relación suelo-planta y son importantes para</p> | <p>y presenta la parte analítica de los indicadores microbiológicos del suelo que se utilizan en los sistemas agroforestales, también presenta los datos de las experiencias sobre los resultados del compost en el suelo. Los dos últimos capítulos describen el proceso de compostaje de materia orgánica como producto de una mezcla de</p> | |
|-------------------------|---|--|--|--|--|

| | | | | | |
|--|---------------------------------------|--|--|---|---------------------------------------|
| | | | <p>aumentar o disminuir el suministro de nutrientes, lo cual es importante para la nutrición de los cultivos y la sostenibilidad de los agroecosistemas.</p> | <p>pulpa de café, banano, gallinaza y estiércol de vaca.</p> | |
| <p>METODOL OGÍA DE DIAGNÓST ICO DE TOXICIDA D DEL SUELO MEDIANT E EL USO DE EISENIA</p> | <p>David García Rodríguez</p> | <p>Eurecat Cataluña/ España 2018</p> | <p>La ecotoxicología se define como el estudio de los efectos de los compuestos tóxicos sobre los organismos, especialmente en relación con las poblaciones, comunidades y</p> | <p>El motivo de utilizar el género Eisenia es que es de los organismos que más se encuentran en la biomasa del suelo (60-80%) (Omouri et al. 2018). La interacción que muestran con</p> | <p>TRABAJO FINAL DE GRADO</p> |

| | | | | | |
|----------------|--|--|--------------|---|--|
| FOETIDA | | | ecosistemas. | el suelo es capaz de cambiar las propiedades físicas, biológicas y químicas, generalmente mejorando la descomposición de materia orgánica y por consiguiente el ciclo de nutrientes | |
|----------------|--|--|--------------|---|--|

Fuente: Autor.

10. MARCO CONCEPTUAL

En Colombia al pasar de los años se ha presentado un incremento significativo en las actividades mineras en la última década, tanto así que se ha denominado a esta variable como el “Boom Minero”, logrando incrementar la preocupación del Gobierno en estudiar la situación actual de Colombia debido a los impactos negativos que estas actividades mineras genera; la Corte Constitucional expresó su preocupación a través de la Sentencia T-445 del 2016, por medio de la cual ordenó establecer una mesa de trabajo

con los actores de las instituciones, con objetivo de identificar aquellas afectaciones sociales de la minería. Este diagnóstico fue publicado en mayo del 2019, logrando concluir que el panorama no es alentador y genera una gran preocupación. Debido a esto el UPME, realizó un llamado de desarrollo para que el estado implemente una Política Minera Ambiental (Instituto Humboldt, 2019).

En el municipio de Puerto Libertador, sur de Córdoba, realizaron un estudio con propósito de analizar el porcentaje de afectación en el que actualmente se encuentra los suelos donde se operaron minas aurífera aluvial en la extensión de donde desemboca la quebrada William hasta donde desemboca la quebrada Las Claras en la ribera del río San Pedro, en esta investigación la información recaudada permitió lograr una investigación de carácter cualitativo. Se identificaron doce sitios afectados, con un área total afectada de aproximadamente 261.145 m², con perfiles de suelo faltantes y ocupaciones de elementos derivados de esta intervención humana, entre ellos: B. Esterilización, estanques de cola, lodos, residuos de pintura, frentes activos y abandonados. Estos lugares mantuvieron un nivel mucho más alto de degradación. (Cantero. M., Rhenals. V., Moreno. A., 2015).

En el municipio de Tausa, en Cundinamarca, un estudio para el desarrollo de un modelo conceptual del riesgo de contaminación físico químico de los suelos en la vereda Rasgatá Bajo por actividad de minería, se realizó con el objetivo de identificar y analizar la propiedades actuales de este recurso en el territorios donde se llevó a cabo

actividades de extracción y transformación, por lo cual diseñaron y desarrollaron un varios ensayos analíticos para identificar las características físico químicas, según la NTC, para analizar la calidad de los suelos: se debe tener las siguientes normas para su respectivo uso: Muestreo para comprobación de contaminantes (NTC 3656), Medición de pH (NTC 5264), Conductividad Eléctrica (NTC 5596), Medición del Carbono Orgánico (NTC 5403) y Análisis de espectroscopia para corroborar presencia de contaminantes químicos, posteriormente, los datos se analizaron con parámetros de la Entidad Pública Ambiental, además aportaron al diseño y valoración de los PMA local para mitigar el impacto toxicológicos para la población, fauna y flora (Guerrero. M. & Pineda. V, 2016).

Por lo cual, una de las tecnologías más utilizadas para aumentar la capacidad para degradar los contaminantes y así volver el suelo a sus características naturales, es la Biorremediación. Esta tecnología consta de diferentes técnicas (Bioestimulación, Bioaugmentación y Atenuación Natural), de igual manera se puede realizar en In-Situ y Ex-Situ. En diferentes estudios se observó la eficiencia de la eliminación de contaminantes derivados del petróleo. En consecuencia, se observa la reducción de la CL50 de petróleo en el suelo analizado. De igual manera en este estudio, los autores especifican los parámetros ideales para lograr la mayor eficiencia de la tecnología como lo son: (pH, densidad aparente, materia orgánica, carbono orgánico oxidable, nitrógeno total, potasio intercambiable, fósforo, arcilla, arena y limo) (Ortega & Quiroga, 2019).

Para contribuir a la recuperación de suelo la lombrices más utilizadas es la lombriz roja (*Eisenia fétida*) que es una especie de lombriz de tierra que pertenece al

género *Eisenia*, la cual hace parte de la familia Lumbricidae del orden de los haplotaxis, también, a la subclase de los oligoquetos, la cual contribuye a la realización de abono orgánico como el humus o vermicompost como estrategia de biorremediación de suelos.

El Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (1993) establece que el Humus o vermicompost, también denominado como abono es el producto generado por la transformación de los residuos orgánicos por las lombrices, en particular la *Eisenia fétida* la cual se usa con mayor frecuencia, además indican que esta transformación es derivada de su alimentación, ya que al ingerir la materia que pasan por el tracto gastrointestinal se mezclan con elementos minerales, microorganismos, fermentos que provocan transformaciones bioquímicas de la materia orgánica, por tanto, el humus o abono es el resultante de la evacuación de los excrementos, el cual queda enriquecido, por lo cual, la materia orgánica, después de cuatro meses genera la disminución de TPH (Hidrocarburos Totales del Petróleo) asimismo ayuda en el desarrollo de microorganismos, lo que permite que este participe directamente en la regeneración del suelo. Este a su vez acelera la mineralización, humificación del suelo y modera los cambios de acidez y neutraliza los compuestos orgánicos tóxicos, por lo que genera estabilidad de los compuestos (Rodríguez.P, 2018).

La Biorremediación con Lombriz Roja Californiana (*Eisenia fetida*), genera es aumento de las colonias de los microorganismos (Hongos, Enterococos, Enterobacterias, Levaduras, Mesófilos y Pseudomo). Según el estudio realizado por I. C. Zapata, L. Martínez, E. Posada, M. E. González, J. F. Saldarriaga en el 2017, se evidencia el incremento significativo de estos microorganismos en suelo contaminado con Mercurio,

después de actividades mineras, esto debido a que las lombrices californianas proporcionan Nitrógeno, fósforo y Potasio, los cuales proporcionan fertilidad al suelo. De igual manera, otro beneficio significativo del uso de la Lombriz (*Eisenia fetida*), es el uso como mecanismo de evaluación de la toxicidad de sustancias tales como: Fármacos y Pesticidas. (García. D, 2018). Por esta razón es beneficioso el uso de residuos para la elaboración de humus o abonos orgánicos con la lombriz *Eisenia fetida* sirven para la regeneración de suelos.

11. MARCO LEGAL

- **Decreto Ley 2811 de 1974**

Señala que el uso del suelo debe hacerse de acuerdo con sus condiciones y características, y que los usos potenciales y la clasificación de la tierra deben determinarse de acuerdo con las condiciones físicas, ecológicas y socioeconómicas del área.

Asimismo, la norma establece que el suelo debe ser utilizado de manera que mantenga su integridad física y capacidad productiva, y que todos los residentes están obligados a cooperar con las autoridades en la protección y manejo adecuado del suelo (Presidencia de la República de Colombia, 1974).

- **Resolución 0170 de 2009**

Declarado 2009 Año del Suelo y establecido el 17 de junio como Día del Suelo. Asimismo, el ministerio está obligado, entre otras cosas, a formular políticas, emitir normas y lineamientos, y promover planes, programas y proyectos destinados a la conservación, protección, restauración, restauración y restauración de suelos (Gestor Normativo, 2022).

- **Ley 388 del 1927**

Reconoce que la organización territorial de los municipios y distritos tiene por objeto complementar la planificación económica y social en el ámbito territorial, agilizar

las intervenciones sobre el territorio y gestionar su desarrollo y uso sostenible, por medio de:

- Definición de las estrategias territoriales de utilización, posesión y manejo de los suelos, en base a los objetivos económicos, sociales, urbanos y medioambientales.

- Diseño e implantación de instrumentos y procedimientos de gestión y actuación que permitan la ejecución de actuaciones integrales de ciudad y la definición de actuaciones sectoriales que afecten a la estructura de los municipios o áreas distritales.

- Diseño de programas y proyectos que formalice estos propósitos (Gestor Normativo, 2022)

- **Ley 685 de 2001 Código de Minas**

Establece el uso racional y sustentable de la tierra para fines mineros y las reglas para hacerlo. (Gestor Normativo, 2001)

- **Ley 99 de 1993**

Establece como uno de los principios ambientales generales que “La acción para la protección del medio ambiente y la restauración de tierras es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado y las comunidades locales, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado” (Gestor Normativo, 2022)

La institucionalidad y los actores de la Política GIAS de Colombia constituyen herramientas de trabajo que posibilitan la creación de un foro constante de diálogo y el

desarrollo de acciones colectivas coordinadas encaminadas a la gestión sostenible y responsable del territorio.

Este marco institucional y actoral define el reconocimiento del carácter participativo y democrático que define al Estado social constitucional en la Constitución Política de 1991 y los mecanismos específicos de participación ciudadana en los diversos ámbitos de la gestión pública, a partir de desarrollos posteriores. De dar forma a la política pública a monitorear el control social y el control cívico (MADS, 2012).

12. DISEÑO METODOLÓGICO

12.1. Tipo de Investigación

La Investigación es Aplicada “Mixta”, esta se determina por la búsqueda de conocimientos, se apoya bajo la investigación básica. porque depende de los avances de investigaciones realizadas anteriormente, por lo cual se aplicaron conocimientos adquiridos, para la búsqueda en web, documentos, libros, artículos e investigaciones; con el fin de apoyarse en la investigación para realizar la práctica en el laboratorio.

12.2. Materiales y Métodos

Para esta investigación teórica - práctica se tomaron varios parámetros (Conductividad, Temperatura, Salinidad, pH y Resistividad), con el fin de identificar su estado. Este método de medición fue realizado con base en la “Guía de Lombricultura” de la Universidad Nacional y “Guía

de Lombricultura, una alternativa de producción” de la Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior (ADEX).

- **Materiales:**

- 1 kilo de lombriz (*Eisenia Fetida*) con humus
- Materia Orgánica (Huevos, Cáscara de Papa, Cáscara de ají pimentón, Cáscara de guineo y Cáscara de Zanahoria)
- 500 gr de suelo afectado
- Recipientes plásticos
- Cama de madera
- Báscula
- Embudo
- Equipo Multiparámetros (Temperatura, pH, Salinidad y Conductividad)
- Beakers
- Varilla Agitadora
- Botellas de plástico
- Metro

12.3. Procedimiento Experimental

- **Parámetros Iniciales:**

Como primera medida, para saber la condición inicial del suelo afectado por las actividades mineras, se procedió a medir Conductividad, Temperatura, Salinidad y pH por medio del Instrumento Multiparamétrico HANNA referencia HI 991301, por lo cual se procedió a diluir

10 gr de muestra de suelo afectado en 50 ml de agua, se agitó durante 8 minutos; luego se dejó reposar durante 15 min y se utilizó el equipo multiparámetro para poder obtener los resultados de los parámetros (**Figura 4**).



Figura 4. Medición de parámetros.

Fuente: Autor.

- Parámetros Finales:

Como segunda medida, para obtener resultados de la efectividad de Bioremediación por medio de Lombricompostaje, se procedió a medir los parámetros de pH, Temperatura, Salinidad y Conductividad por medio del Instrumento Multiparamétrico APERA PC60-Z, por lo cual se procedió a diluir 10 gr de muestra de suelo afectado en 50 ml de agua, se agitó durante 8

minutos; luego se dejó reposar durante 15 min y se utilizó el equipo multiparámetro para poder obtener los resultados de los parámetros lixiviados (**Figura 5**).



Figura 5. Medición de parámetros.

Fuente: Autor.

13. RESULTADOS

Los siguientes datos que se ilustran en las tablas, son los valores de los parámetros medidos en laboratorio, donde se realizó una medición antes de tratamiento y una medición post tratamiento, para así lograr identificar el efecto de este tratamiento en el suelo contaminado por actividades mineras.

- Medición Inicial

Tabla 2. Datos obtenidos en la medición antes del tratamiento.

| PARÁMETROS | DATOS OBTENIDOS |
|------------------------------|-----------------|
| pH | 6,88 |
| Temperatura (°C) | 26,2 |
| Conductividad Eléctrica (mS) | 7 |
| Salinidad (ppt) | 16,1 |

Fuente: Autor.

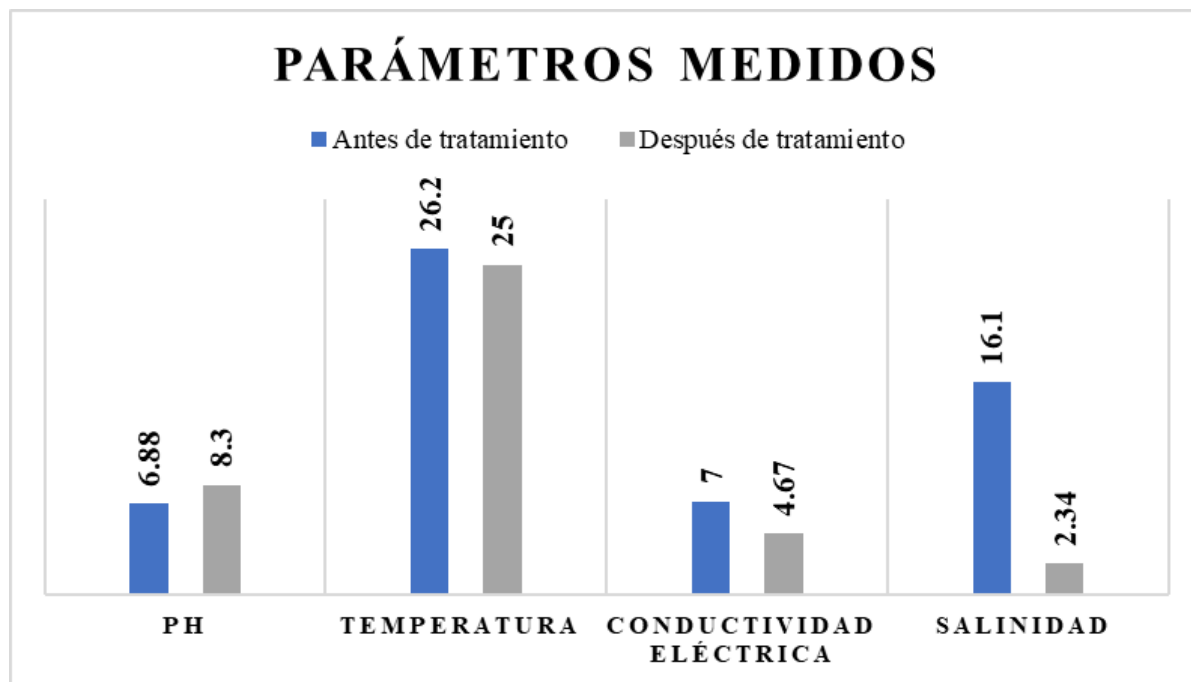
- Medición posterior al tratamiento

Tabla 3. Datos obtenidos en la medición después del tratamiento.

| PARÁMETROS | DATOS OBTENIDOS |
|------------------------------|-----------------|
| pH | 8,3 |
| Temperatura (°C) | 25 |
| Conductividad Eléctrica (mS) | 4,67 |
| Salinidad (ppt) | 2,34 |

Fuente: Autor.

Gráfica 1. Valores de los parámetros medidos antes y después del tratamiento por medio de Lombricompostaje.



Fuente: Autor.

14. DISCUSIÓN

En Colombia al pasar los años se ha ido incrementando la actividad de las minas de carbón, níquel hierro, arena, triturado, cal, entre otros, en especial en el Departamento de la Guajira en el municipio de Albania, esto causando un gran concentración de contaminantes y generando afectaciones en la propiedades físico químicas del suelo, afectando los compuesto orgánicos y reduciendo nutrientes, alterando la acidez (pH) originado acidificación de los suelos, variación en la temperatura y alteración de la actividad de los microorganismo, ya que esta es una actividad que genera metales pesados, por lo cual en esta investigación se le realizaron la medición a los siguientes parámetros: pH, Temperatura, Salinidad y Conductividad.

En el parámetro de la temperatura inició una temperatura inicial de 26. 2 °C antes de iniciar el tratamiento, posterior al tratamiento la temperatura se mantuvo en 25°C, Para el caso del pH, que es un coeficiente que mide el grado de acidez o alcalinidad, se obtuvo una medición inicial de 6,88 (**Tabla 2**), el cual representa un suelo **ácido**, con este valor de pH las plantas regularmente presentan síntomas de enfermedad, los cuales pueden ser: pérdida de vitalidad, deterioro de las hojas y posiblemente extinción de la especie porque cuenta con nivel bajo de la presencia de elementos como; Nitrógeno, fósforo, Potasio y Azufre, calcio y Magnesio que son importantes para el desarrollo de esta y por lo contrario cuenta con un alto nivel de presencia de hierro, manganeso, boro, cobre, zinc Sin embargo luego de la técnica de Lombricompostaje (**Tabla 3**), el nivel de

pH del suelo aumentó a un nivel **Moderadamente Alcalino** (valor final de 8,3) evidenciando un equilibrio de nutrientes, logrando un posible crecimiento y desarrollo óptimo en la cobertura vegetal, ya que cuenta con una alta presencia de elementos como; Nitrógeno, fósforo, Potasio y Azufre, calcio y Magnesio.

Para el parámetro de conductividad eléctrica, permitió tenerlo como un dato de referencia, ya que este es utilizado para relacionar la cantidad de sales presentes en el suelo, puesto que, a mayor conductividad eléctrica, mayor es la concentración de sales. En la primera medición se obtuvo un valor de 7 mS (**Tabla 2**) y en la segunda medición (**Tabla 3**) este parámetro dio un valor de 4,67 mS.

La salinidad del suelo se refiere a la cantidad de sal presente en la solución y puede estimarse indirectamente midiendo la conductividad eléctrica (CE). Los valores de CE se ven afectados por la concentración y composición de las sales disueltas. El primera valor de medición de salinidad dio 16,1 ppt (**Tabla 2**) y en la segunda medición se redujo drásticamente dando como resultado de la medición 2,34 ppt por lo cual se puede inferir que la concentración y composición de las sales disueltas de este suelo afectado bajo (**Tabla 3**). Permitiendo observar que el suelo pasó de un estado **Muy fuertemente Salino** el cual es superior a 16 dS/más donde sólo muy pocos cultivos son tolerantes y rindiendo de forma restringida, a un estado **Ligeramente Salino** donde algunas plantas sensibles pueden tener un rendimiento restringido.

En el artículo científico “**Contaminación del suelo en la zona minera de Rasgata Bajo (Tausa)**”, se encuentra similitud en la afectación del suelo luego del desarrollo de actividades mineras, esto evidenciado el nivel de pH en la muestra de suelo tomada, el pH en este estudio es extremadamente ácido con un valor promedio de 4,2, así mismo, en esta investigación el valor del pH arrojado inicial fue: 6.88 ambos encontrándose en la misma línea ácida de pH, lo cual se lo atribuyen a la acumulación de metales pesados en el sitio de la muestra, también indican que un suelo con valores moderadamente ácidos de pH, el cual contiene elementos como; hierro, manganeso, boro, cobre, zinc cuales tienden alcanzar muy rápido los límites tóxicos que dañan a las plantas.

De igual manera se evidencia una diferencia grande en la salinidad del suelo, ya que el del Artículo científico investigado, muestra una salinidad muy baja, porque los valores de la conductividad eléctrica arrojaron un promedio de 0.66; los cuales contribuyen en la movilización de metales que generan contaminación en el suelo, en comparación al valor obtenido en esta investigación que fue 2.34. Probablemente relacionada con la cercanía al Mar Caribe, recalcando que la zona de influencia se encuentra en el Municipio de Albania, Departamento de la Guajira.

Por otra parte, en el estudio de Contaminación del suelo en la zona minera de Rasgata Bajo (Tausa), también tuvieron en cuenta otro parámetros como lo son: porcentaje de carbono orgánico y porcentaje materia orgánica del suelo, los cuales

ayudaron a determinar el grado de afectación del suelo de Tausa. En el caso de esta investigación teórico-práctica que busca evaluar la estrategia de lombricompostaje como medida de biorremediación para los suelos contaminados por minería, No se pudo realizar estos estudio de; análisis físico químico y metales pesados estándar por falta de presupuesto, por lo cual se optó por comparar los parámetros; pH, Temperatura, Salinidad y Conductividad, lo cuales tienen en común ambos estudio.

Luego de haber realizado la medición de los parámetros, y la comparación con otros estudios bases para esta investigación, se establece que para determinar la eficiencia de Biorremediación por medio técnica de Lombricompostaje, se requiere más tiempo en tratamiento, puesto que el tiempo establecido para el estudio es de 4 meses y hasta el momento solo se lleva a cabo 2 meses, como lo indica El Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (1993) establece que el Humus o vermicompost con la lombriz roja californiana *Eisenia fétida*, utilizada con mayor frecuencia en este tipo de tratamientos, en los cuales después de cuatro meses es que se genera la disminución de TPH (Hidrocarburos Totales del Petróleo).

por lo cual se refugió esté estudios que en la parte teórica y experimental muestran como en es la eficiencia del Lombricompostaje, como método de Biorremediación, en la cual se encontró que la transformación es derivada de su alimentación, por lo cual eso también define su eficiencia ya que al ingerir la materia que pasan por el tracto gastrointestinal se mezclan con elementos minerales,

microorganismos, fermentos que provocan transformaciones bioquímicas de la materia orgánica, por tanto, el humus o abono es el resultante de la evacuación de los excrementos, el cual queda enriquecido, por lo cual, la materia orgánica, asimismo ayuda en el desarrollo de microorganismos, lo que permite que este participe directamente en la regeneración del suelo. Este a su vez acelera la mineralización, humificación del suelo y modera los cambios de acidez y neutraliza los compuestos orgánicos tóxicos, por lo que genera estabilidad de los compuestos (Rodríguez,P 2018)

(Gráfico 1).

15. CONCLUSIONES

Se puede concluir se encontraron variables que afectan en el suelo debido a las actividades mineras, la cuales están relacionada a la pérdida de las propiedades del suelo donde este pierde nutrientes necesario como; Nitrógeno, fósforo, Potasio y Azufre, calcio y Magnesio, así afectando sus procesos dinámicos con sus propiedades fisicoquímicas evitando el equilibrio de sus nutrientes impidiendo el crecimiento y desarrollo de este.

De acuerdo con lo establecido, se implementó el Lombricompostaje, como método de tratamiento en la muestra de suelo contaminado por actividades mineras que arrojó resultados mínimos favorables en estos 2 meses en los parámetros; pH, Temperatura, Conductividad y Salinidad.

Luego de las investigaciones y mediciones realizadas, que la técnica de Lombricompostaje por medio del uso de la lombriz Roja Californiana (*Eisenia fétida*), como método de Biorremediación de suelos contaminados por actividades mineras, hasta el momento del tratamiento que lleva dos meses tiene una media baja efectividad en el proceso de tratamiento de este estudio de cuatro meses establecidos por el manual de lombricompostaje.

por otro lado, se ha podido comparar las propiedades físico - químicas del suelo contaminado después de ser tratado con los resultados iniciales por medio de la técnica de Lombricompostaje

Esto evidenciado en neutralización de pH del suelo y un equilibrio de los nutrientes (Valor inicial: 6,88; Valor final: 8,3), reducción en las concentraciones sales presentes, recordando que el origen del suelo afectado, es costero (zona norte de Colombia), influyendo en la medición inicial de la salinidad (Valor inicial: 16,1 ppt ; Valor final: 2,34 ppt), la cual fue respaldada con la disminución de la conductividad eléctrica del suelo (Valor inicial: 7 mS ; Valor final: 4,67 mS) .

Permitiendo un desarrollo y crecimiento restringido de la cobertura vegetal de la superficie, debido a que los parámetros obtenidos luego del tratamiento siguen siendo altos para la calidad del suelo ya que el tratamiento necesita más tiempo para definir si se generara una efectividad, puesto que el tratamiento dura 4 meses y hasta el momento el tiempo transcurrido solo han sido 2 meses.

Durante el desarrollo de este estudio, se presentaron varios limitantes como por ejemplo: El alto costo de la medición de los metales pesados y no contar con los equipos necesarios para la medición de material orgánico presente en el suelo.

Finalmente se resalta la necesidad de ampliar la investigación, midiendo otros parámetros como humedad, materia orgánica presente, metales pesados, entre otros. Los cuales permitirán un resultado más exacto en la eficiencia del Lombricompostaje, como método de Biorremediación.

16. RECOMENDACIONES

En este estudio se recomienda tener en cuenta otros parámetros que pueden evidenciar la calidad del suelo, como los son: Humedad, Color y Materia Orgánica. Para indicar con más exactitud la condición inicial y final del suelo después del tratamiento.

Se recomienda a las futuras investigaciones con esta misma línea de acción, tener un presupuesto para los costos de los análisis en laboratorios certificados, ya que estos servicios suelen ser elevados, por lo cual le daría un giro al desarrollo de la investigación.

Se recomienda a las futuras investigaciones tener en cuenta las condiciones para el desarrollo de lombricompostaje en donde se puedan controlar el aireamiento para que este no genera putrefacción del tratamiento.

Se recomienda realizar este tipo de investigaciones como estrategias de biorremediación de suelos contaminados por actividad de minería con la técnica de lombricompostaje.

17. REFERENCIAS

- Agrosal. (s.f.). Definición y Origen de la Salinidad. Obtenido de*
<http://agrosal.ivia.es/definicion.html>
- Jairo M. Delgado, Amanda S. Parra & Natalia E. Escobar. (2019). BIOINDICADORES EN SUELOS Y ABONOS ORGÁNICOS, UNIVERSIDAD DEL TOLIMA.*
- María E. Guerrero & Vanessa P. Acevedo. (2016). CONTAMINACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA MINERA DE RASGATÁ BAJO (TAUSA). MODELO CONCEPTUAL. Tausa Cundinamarca.*
- Mónica C. Cantero, Vanina I. Rhenals, Argemiro J. Moreno. (2015) Determinación de la degradación de suelos por minería aurífera aluvial en la ribera del río san pedro, puerto libertador, Córdoba, Colombia.*
- Diehl, E.; Sanhudo, C. E. D.; Diehl-Fleig, Ed. (2004-02-XX). «Ground-dwelling ant fauna of sites with high levels of copper». *Brazilian Journal of Biology* 64 (1): 33-39. ISSN 1519-6984. doi:10.1590/S1519-69842004000100005. Consultado el 24 de abril de 2021.*
- DECRETO LEY 2811. (2022). Presidencia de la República de Colombia. Recuperado de:*
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>
- Silvia C. Ramales, Adolfo R. Perucho, Diana T. López, Ana C. Castillo, Ángel S. Loeza, /Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias, 1 (2):32-44) (2010). Evaluación de metales pesados en la mezcla biosólido-cáscara de naranja.*

Ivonne A. ortega & Nicolás A. Quiroga. (2019). Evaluación de la eficiencia de tres procesos de biorremediación en suelos contaminados con petróleo, mediante la determinación de la concentración letal 50 (cl50) en la lombriz californiana, Eisenia foetida .Universidad Santo Tomás división de ingenierías facultad de ingeniería ambiental Bogotá d.c.

Tatiana M. (2016). EFICIENCIA DEL LOMBRICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR LA MINERÍA A CIELO ABIERTO EN EL MUNICIPIO DE UNIÓN PANAMERICANA, DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ. Córdoba Universidad de Manizales Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas, Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente Centro de Educación a Distancia – CEDUM Manizales, Colombia.

Isabel C. Zapata, Laura Martínez, Estefanía Posada, María E. González & Juan F. Saldarriaga. (2016). EFECTOS DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (Eisenia foetida), SOBRE EL CRECIMIENTO DE MICROORGANISMOS EN SUELOS CONTAMINADOS CON MERCURIO DE SEGOVIA, ANTIOQUIA.

Paola G. Rodriguez.(2018). EFECTO DEL HUMUS DE LOMBRIZ EN LA REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADO CON CRUDO DE PETRÓLEO. UCAYALI/PERÚ.

FAO. (2019). El Manejo de Suelos Afectados por Salinidad. Obtenido de Portal de Suelos de la FAO: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-afectados-por-salinidad/es/>

Gobernación de la guajira. (2022). Presentación de la guajira. Recuperado de:

<https://www.laguajira.gov.co/LaGuajira/Paginas/La->

[Guajira.aspx#:~:text=Est%C3%A1%20situado%20al%20norte%20del,Su%20capital%20es%20Riohacha.](#)

Jorge D., Cristina L. & María G.. (2010). *Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo Departamento de Ecología y Biología Animal. Universidad de Vigo. Vigo E-36310, España, Acta Zool. Mex vol.26 spe 2 Xalapa ene.*

Intangri. (2018). *Disponibilidad de Nutrientos y el pH del Suelo. Obtenido de Intangri: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrientos-y-el-ph-del-suelo>*

Ioland. (2020). *LA IMPORTANCIA DEL CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL SUELO. Obtenido de: <https://ioland.es/6346-2/>*

Javier P. García .(2013). *Manual de lombricompostaje para los caficultores de la región de Otomí-tepehua de Hidalgo, México D.F.*

Pedro M. Araya . (2011). *Manual de lombricultura, Lombricultor, co - propietario y Asesor Técnico de AGROFLOR LOMBRICULTURA, Villarrica, Chile.*

ADEX. (2013). *Manual Práctico para la, Lombricultura Agro Lanzarote, LZ-34 Km.1 35500 Arrecife Las Palmas, España.*

Jaschek, J. (2016). *CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA. Obtenido de Tiloom: <https://www.tiloom.com/conductividad-electrica/>*

Charles D. (1881) *La formación del mantillo vegetal por la acción de las lombrices con observaciones sobre sus hábitos, Inglaterra.*

LEY 388. (2022). *Congreso de la República de Colombia. Recuperado de:*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>

LEY 685. (2022). *Congreso de la República de Colombia. Recuperado de:*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=9202>

LEY 99. (2022). *Congreso de la República de Colombia. Recuperado de:*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

David G. Rodríguez. 2018. *METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO DE TOXICIDAD DEL SUELO MEDIANTE EL USO DE EISENIA FOETIDA*, Eurecat Cataluña/ España

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (1993). *La Materia Orgánica en los Sistemas Agrícolas. Recuperado de:*

https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_03.pdf

Prematuri, Ricksy (2020). «*The Impact of Nickel Mining on Soil Properties and Growth of Two Fast-Growing Tropical Trees Species*». *International Journal of Forestry Research (en inglés)*. Consultado el 24 de abril de 2021.

RESOLUCIÓN 0170. (2009). *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible.*

Recuperado de: <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0170-2009>

18. ANEXOS

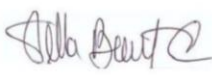
| CLIENTE / EMPRESA | | VANESSA DIAZ MUÑOZ | | | COTIZACION No. |
|---|---|-----------------------|--------------------|-------------------|----------------|
| CONTACTO | | | | | 0161 |
| FECHA | | Septiembre 28 de 2022 | | | |
| PROPUESTA | | | | | |
| Apreciados señores: Estamos cotizando el ensayo de suelo y metales pesados estandar | | | | | |
| REF. | DESCRIPCION | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL | |
| 650 | ANALISIS DE METALES PESADOS Arsenico, Cadmio, Cromo, Mercurio, Niquel y Plomo | 1 | \$340.000 | \$340.000 | |
| 776 | ANALISIS DE SUELO PARA FERTILIDAD SOLICITADO pH, C. Eléctrica, Densidad aparente, Carbono Orgánico (Materia Orgánica), Nitrógeno total, N-NO3, Fósforo disponible, Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio Capacidad de Intercambio Cationico, Textura por Bouyucos; Elementos menores: Hierro, manganeso, Cobre, Zinc y Boro (Disponibles) Azufre, % Sat. de Humedad y Aluminio intercambiable. Calculo: % de Saturación de bases. | 1 | \$165.000 | \$165.000 | |
| Observaciones: | | | SUBTOTAL | \$505.000 | |
| 1 | Cantidad de muestra: | 2 kilos suelo | DESCUENTO | 5% | |
| 2 | Tiempo de entrega del informe: | 12 dias hábiles | DTO | \$25.250 | |
| 3 | Forma de pago: | Contado | SUBTOTAL | \$479.750 | |
| 4 | Validez de la oferta: | 60 dias | I V A 19% | \$91.153 | |
| SON: QUINIENTOS SETENTA MIL NOVECIENTOS TRES PESOS MCTE. | | | VALOR TOTAL | \$ 570.903 | |
| 5. Ver anexos de esta cotización | | | | | |
|  STELLA BENITEZ C. Cotizaciones | | | | | |

Figura 6. Cotización de análisis para metales estándar.

Fuente: Dr. Calderón LABS.

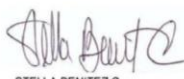
| CLIENTE / EMPRESA | | VANESSA MUÑOZ DIAZ | COTIZACION No | |
|--|--|--------------------|--------------------|---------------------|
| CONTACTO | | | 0026 | |
| FECHA | | Octubre 05 de 2022 | | |
| PROPUESTA | | | | |
| Apreciados señores: Estamos cotizando una caracterización de acuerdo a la NTC 5167 productos orgánicos mineral | | | | |
| REF. | DESCRIPCION | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
| 657 | ANALISIS FISICO QUIMICO - ORGANICO SOLIDO Humedad, Cenizas, Perdidas por volatilización, Carbón Orgánico Oxidable, pH, C. Eléctrica, Densidad, Capacidad de Retención de Humedad, Capacidad de intercambio Catiónico, Rel (C/N), Nitrogeno Total, Fósforo Total (P2O5), Potasio Total (K2O), Calcio Total (CaO), Magnesio Total (MgO), Azufre, Hierro, Manganese, Cobre, Zinc, Boro, Sodio, Silicio total y Residuo Insoluble en ácido | 1 | \$265 000 | \$265 000 |
| 532 | METALES PESADOS EN ORGANICOS SOLIDOS Arsénico, Cadmio, Cromo, Niquel, Mercurio y Plomo | 1 | \$258 000 | \$258 000 |
| 784 | Fitopatógenos (Hongos + Nematodos) | 1 | \$243 000 | \$243 000 |
| 384 | Análisis de Huevos de Helminto | 1 | \$298 000 | \$298 000 |
| 562 | Salmonella | 1 | \$160 000 | \$160 000 |
| 746 | Coliformes totales | 1 | \$118 000 | \$118 000 |
| Observaciones: | | | | \$1.342 000 |
| 1 | Cantidad de muestra: | 2 kilos | DESCUENTO | |
| 2 | Tiempo de entrega de resultados: | 12 días hábiles | DTO | |
| 3 | Forma de pago: | Contado | SUBTOTAL | \$1.342 000 |
| 4 | Validez de la oferta: | 60 días | I.V.A 19% | \$254 980 |
| SON: UN MILLON QUINIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL NOVECIENTOS OCHENTA PESOS MCTE | | | VALOR TOTAL | \$ 1 596 980 |
| 5. Ver anexos de esta cotización | | | | |
|  STELLA BENITEZ C. Cotizaciones | | | | |

Figura 7. Cotización de análisis físico químico – orgánico sólido.

Fuente: Dr. Calderón LABS.


6 de septiembre | # 2000004165947714

| | |
|----------|-----------|
| Producto | \$ 7.799 |
| Envío | \$ 10.500 |


| | |
|--------------|------------------|
| Total | \$ 18.299 |
|--------------|------------------|

Efectivo en Efecty

Detalles del pago

 \$ 18.299
Efectivo en Efecty
6 de septiembre | # 25543704475
Pago aprobado

Detalles del envío

 Calle 58N20-66 #3013213895-301321
Barranquilla, Atlantico.


 Pie De Cría De Lombriz Roja Califor...
\$ 7.799 | 1 unidad

Figura 8. Detalle del pago – Lombriz roja californiana Eisenia Fetida.

Fuente: Rappi.



Temperatura: Sensor de humedad temperatura y EC del suelo RK520-02

Descripción: Sensor combinado de humedad, temperatura y conductividad eléctrica del suelo. Está fabricado en acero inoxidable y puede ser enterrada en el suelo por largos periodos de medición.

www.didacticaselectronicas.com



Arduino sensor de humedad suelo YL-69

Os muestro un video de cómo medir el nivel de humedad del suelo con arduino y el sensor YL-69 y una salida para regar. By agriculturaelectronica.

create.arduino.cc

Figura 9. Prototipos de sensores.

Fuente: Google.