



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

**RECUPERACIÓN DE SUELOS MINEROS DISTURBADOS A
TRAVES DE LOS PROCESOS DE LOMBRICULTURA Y
COMPOST EN LA MINA EL CIELO CORREGIMIENTO DE
VALENCIA DE JESUS - CESAR**



**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al título
de Ingeniería Ambiental y Sanitaria**

ANYI LICETH PLATA ORTIZ

RICHARD EDUARDO QUINTERO ORTIZ

Directora

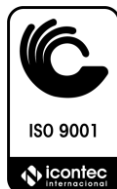
MSC. ING. KARINA PAOLA TORRES CERVERA

Asesor

ING. ANDRY JOSÉ SALGADO RESTREPO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
VALLEDUPAR**

2019



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS

**Nota de aprobación y sustentación de proyecto de grado en
Ingeniería Ambiental y Sanitaria: _____**

**Dr. Msc. ING. Yim James Rodríguez
Díaz**

**Jurado Evaluador de Proyecto de
Grado en Ingeniería Ambiental y
Sanitaria**

**Cand, Msc. Esp. ING. Héctor Heli
Segura Orozco**

**Jurado Evaluador de Proyecto de
Grado en Ingeniería Ambiental y
Sanitaria**

**Dr. Msc. ING. Luis Alberto Romero Abril
Jefe de Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria**

**Msc.ING. Karina Paola Torres
Cervera
Directora de Proyecto de Grado de
ingeniería Ambiental y Sanitaria**

**ING. Andry José Salgado Restrepo
Asesor de Proyecto de Grado de
ingeniería Ambiental y Sanitaria**



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

(Anyi Liceth Plata Ortiz)



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

A Dios.

Por su infinito amor, bondad y ayuda que me permitió llegar hasta este punto y cumplir mis objetivos paso a paso.

A mis familiares.

*A mi madre Carmen Ortiz, y mi padre Elvis A. Plata, que me dieron la vida y me cuidaron para llegar hasta aquí, mis hermanos Andrea Plata y Elvis Plata que me motivan para darles ejemplo a seguir, mi abuela María Tereza Jiménez de Plata quien avivó mis ánimos en seguir pese a las dificultades. A mi compañero de vida Andry Salgado, por su incondicional amor, apoyo y guía para este y muchos logros más de mi vida, y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.
¡Gracias a ustedes!*

A mis maestros

Por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales en especial a la ingeniera Karina Torres por su direccionamiento y amistad, a los ingenieros Hector Segura y Yim Rodríguez por sus sabias lecciones y enseñanzas que dejaron huellas en nuestro aprendizaje

A mis amigos.

Andrea Rodríguez, Vanessa Segovia, Juan Pablo López y Luis Arias. Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos:

Finalmente, a todos aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

(Richard Eduardo Quintero Ortiz)



LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS

A Dios.

Por haberme brindado la voluntad para aprovechar la oportunidad de poder estudiar una carrera profesional y llegar hasta la culminación de esta.

A mis padres.

A mi madre Evangelina Ortiz y mi padre Luis Alberto Quintero que, con su amor y esfuerzo, me brindaron la confianza necesaria para luchar por llegar hasta la meta.

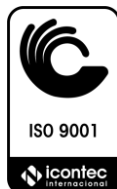
Sus consejos y la formación que me otorgaron me han servido mucho en esta vida para alcanzar mis objetivos.

A mis maestros

Por ser parte de mi proceso de formación como profesional integro donde su aporte fue significativo para salir adelante, especialmente gracias a mi directora Karina Torres, mi asesor Andry Salgado y a mis evaluadores Héctor Segura y Yim Rodríguez.

A mis amigos.

Que fueron un punto de apoyo muy importante durante el transcurso de estos años duros en cuanto al estudio así como por la valiosa amistad que me brindaron, ustedes saben quienes son.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS	18
4. MARCO REFERENCIAL	19
4.1. ANTECEDENTES.....	19
4.2. MARCO TEÓRICO	26
4.3. MARCO CONTEXTUAL.....	36
4.4. MARCO CONCEPTUAL.....	40
4.5. MARCO LEGAL.....	41
5. METODOLOGÍA.....	47
6. ANALISIS DE RESULTADOS.....	50
7. CONCLUSIONES	95
8. RECOMENDACIONES.....	98
9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	99
10. PRESUPUESTO.....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
10. ANEXOS.....	104





INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas polígono de Título Minero 0164-20	37
Tabla 2. Diagnóstico inicial de los parámetros físicos y químicos del suelo minero disturbado	56
Tabla 3. Diagnóstico inicial de los parámetros físicos y químicos del suelo minero disturbado	56
Tabla 4. Relación Carbono Nitrógeno Total / Real	60
Tabla 5. Dosificación de Biofertilizantes en el Parcelamiento B	64
Tabla 6 Dosificación de Biofertilizantes en el Parcelamiento AB.....	65
Tabla 7. Dosificación de Biofertilizantes en el Parcelamiento A	65
Tabla 8. Análisis de los Microelementos, CIC, P, CO, CE Post a la implementación y desarrollo de las tecnologías.....	77
Tabla 9. Análisis de .pH y % de Humedad Post a la implementación y desarrollo de las tecnologías	78
Tabla 10. Resultados del % de Nitrógeno Total y CIC	82
Tabla 11. Resultados de la Concentración de P fosforo y % de C.O Carbono Orgánico	84
Tabla 12. Resultados de la C.E Conductividad Eléctrica.....	86
Tabla 13. Correlación lineal en base a kilogramos de Biofertilizante o tecnología aplicada vs Microelementos del Suelo minero disturbado en proceso de recuperación de su fertilidad.....	87
Tabla 14. Variación de los parámetros físicos en el suelo disturbado en recuperación	89
Tabla 15. Resultados de la clase Textural de los suelos en recuperación ...	93
Tabla 16 .Presupuesto de costo del proyecto de RECUPERACION DE SUELOS MINEROS DISTURBADOS A TRAVES DE LOS PROCESOS DE	





INDICE DE FIGURAS E IMÁGENES

Figura 1. Polígono Título Minero 0164-20. Tomado de Catastro Minero Colombiano –CMC-. Agencia Nacional de Minería 2017. Recuperado de <http://www.anm.gov.co>..... 37

Figura 2. Procedimiento seguido en muestreo del suelo que represente el área que desea analizar. 55

Figura 3. Estructura Física o Matriz de Compostaje 58

Figura 4. Fases del compostaje en función de tiempo y temperatura 61

Figura 5. Parcela demostrativa 65

Figura 6. Clasificación divisoria de parcelamientos dosificación y tecnología aplicada 66

Imagen 1. Esquema localización UPM en el Título 0164-20 38

Imagen 2. Acceso al título Vereda El Cielo 38

Imagen 3. Acceso principal al título 0164-20..... 39

Imagen 4. Pasivos ambientales de la actividad minera, impacto ambiental al componente suelo..... 50

Imagen 5. Área designada para recuperación de suelo parcela B..... 51

Imagen 6. Área designada para recuperación de suelo parcela B..... 51

Imagen 7. Área designada para recuperación de suelo parcela A 52

Imagen 8. Área designada para recuperación de suelo parcela A 52

Imagen 9. Área designada para recuperación de suelo parcela AB..... 53

Imagen 10. Área designada para recuperación de suelo parcela AB..... 53

Imagen 11 .Horizontes del suelo minero disturbado 54

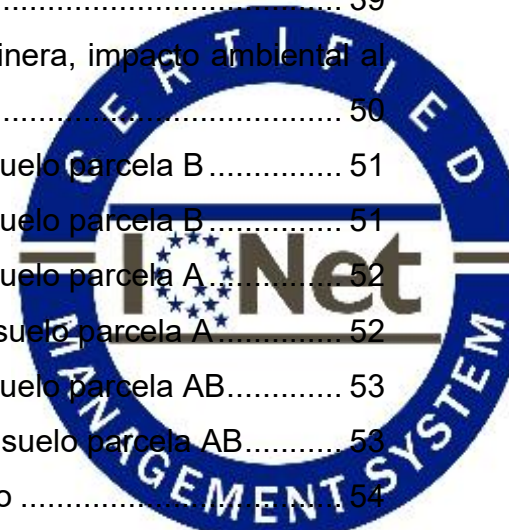




Imagen 12. Muestra de suelo Blanco Inicial 55

Imagen 13. Materia prima recolectada en pila de compostaje. 59

Imagen 14. Materia prima recolectada Compost de fase de maduración 62

Imagen 15. Materia prima recolectada Adecuación de camas de Lombricultura 62

Imagen 16. Materia prima recolectada extracción de Humus Liquido producto de Lixiviado del Lombricompost..... 63

Imagen 17. Proceso de aireación mecánica a través de pico y palin (Reoxigenación del suelo) 67

Imagen 18. subdivisión en parcelamiento para cada tecnología en tratamiento parcela A 67

Imagen 19. Implementación de Biofertilizantes obtenidos en parcelas de estudios según Dosificación estipulada 68

Imagen 20. Parcelamientos B - Imagen 21 . Parcelamiento AB con tecnología implementada..... 68

Imagen 22 Seguimiento al Parcelamiento B con tecnología implementada Tiempo de sequia 69

Imagen 23. Seguimiento al Parcelamiento AB con tecnología implementada Tiempo de sequia..... 70

Imagen 24. Seguimiento al Parcelamiento A con tecnología implementada Tiempo de sequia 71

Imagen 25. Seguimiento al Parcelamiento B con tecnología implementada Tiempo de lluvia..... 72

Imagen 26. Seguimiento al Parcelamiento AB con tecnología implementada Tiempo de lluvia..... 73

Imagen 27. Seguimiento al Parcelamiento A con tecnología implementada Tiempo de lluvia..... 74





Imagen 28. Toma de muestras en parcelamiento B para análisis físico químico post a las tecnologías implementadas..... 75

Imagen 29. Diferencia visual entre tecnologías aplicadas en la parcela B... 75

Imagen 30. Muestreo post a las tecnologías aplicadas y Diferencia visual entre tecnologías aplicadas en la parcela AB 76

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Parámetros físicos y químicos del blanco inicial 57

Grafico 2. Clase Estructural de Suelo Blanco inicial 57

Grafico 3 Indicadores de recuperación del suelo disturbado 79

Grafico 4. Resultados de laboratorio de suelos post a las tecnologías aplicadas..... 80

Grafico 5. Variación del % Nitrógeno Total en el proceso de recuperación de suelos mineros disturbados 82

Grafico 6. Variación de la CIC en el proceso de recuperación de suelos mineros disturbados..... 83

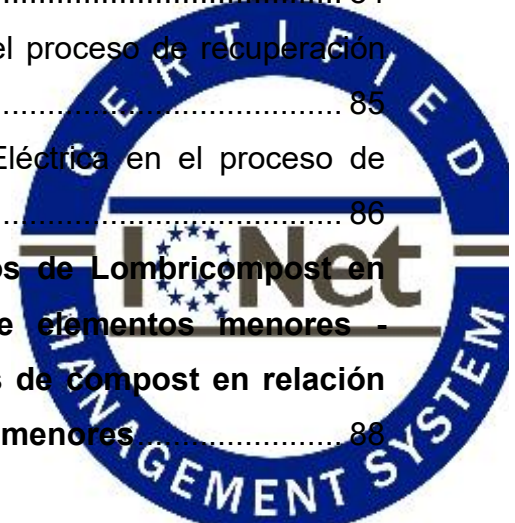
Grafico 7. Variación del P Fosforo en el proceso de recuperación de suelos mineros disturbados..... 84

Grafico 8. Variación del C.O Carbono orgánico el proceso de recuperación de suelos mineros disturbados 85

Grafico 9. Variación de la C.E Conductividad Eléctrica en el proceso de recuperación de suelos mineros disturbados..... 86

Grafico 10. Correlación lineal en los procesos de Lombricompost en relación Concentración VS Recuperación de elementos menores -

Grafico 11. Correlación lineal en los procesos de Compost en relación Concentración VS Recuperación de elementos menores..... 88





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

Grafico 12. Correlación lineal en el Proceso de Humus Liquido en relación Concentración VS Recuperación de elementos menores.....	88
Grafico 13. Variación de las propiedades Físicas del suelo.....	90
Grafico 14. Variación del % de humedad Respecto al Blanco inicial	91
Grafico 15. Variación del. pH Respecto al Blanco inicial.	92
Grafico 16. Variación en la clase Textural Respecto al Blanco inicial.....	93



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

INTRODUCCIÓN

Colombia registra en forma paralela a su crecimiento económico y dinámico un deterioro ambiental, particularmente, en los patrones desordenados de ocupación del territorio, los cuales han causados ecosistemas frágiles, tala de bosques y degradación de los suelos. Para evitar que el deterioro ambiental se convierta en limitante del rápido proceso de desarrollo económico y social, es necesaria la búsqueda de nuevos conocimientos y desarrollos para garantizar la sostenibilidad de los procesos productivos; se requerirá concentrar esfuerzos en las áreas estratégicas que el País priorizó a través de la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación que señala como líneas priorizadas: biotecnología, energía y recursos naturales. Lo anterior planteado desde el año 2010, en el Plan de desarrollo (Departamento Nacional de Planeación, 2010).

El departamento del Cesar es la tercera economía más grande de la Región Caribe, después de las de Atlántico y Bolívar. Su aporte representa el 16.2% del PIB regional y el 1.8% del PIB Nacional. El crecimiento económico del Departamento del Cesar es jalonado por el sector minero, el cual representa el 40.5% del PIB departamental, además de 3.000 empleos directos. El segundo sector es el agropecuario con un 12%. El perfil productivo del Cesar lo configuran dos grandes sectores: las explotaciones de carbón y demás minerales, las cuales generan el 99% de las exportaciones del Departamento. El segundo gran componente es el sector agropecuario, que ha mostrado avances paulatinos hacia la agroindustria, así como una densificación de los monocultivos establecidos en la agricultura.

Así mismo, es el caso de la minería artesanal que se presentan en



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

municipios aledaños del departamento, los cuales marcan un foco de preocupación ya que sus técnicas y presupuestos designados son precarios para su operación, por otra parte, se encuentra el poco asesoramiento técnico y legal que se maneja y denotan efectos e impactos anteriormente mencionados.

El mecanismo de recuperación de suelos en minería, es una necesidad de carácter inmediato, no solo por cumplir características de orden legal, sino también, garantizar la responsabilidad social y el desarrollo productivo sostenible del departamento del Cesar.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las actividades mineras a cielo abierto sin control ni planificación, producen alteraciones a los suelos, al agua y a otros recursos debido a que se debe deforestar, excavar, extraer y transportar materiales, cambiando las condiciones naturales del paisaje, alterando ecosistemas, provocando la pérdida sustancial de la fertilidad del suelo y aumentando el riesgo de presencia de fenómenos erosivos.

A ésta situación no es ajena la mina “El Cielo” ubicada en la vereda El Cielo del corregimiento de Valencia de Jesús (Cesar), que dentro del desarrollo de sus actividades de explotación no está teniendo en cuenta criterios ambientales que permitan el aprovechamiento de los recursos de una manera sostenible, combinando criterios de preservación y explotación. La deforestación es el principal disturbio antrópico que afecta al ecosistema de bosque seco tropical que se destaca en esta zona, la destrucción y los cambios de cobertura vegetal son causas de la pérdida de la biodiversidad. Las actividades que mayores impactos generan son la deforestación de Bosque, establecimiento de sistemas de producción agrícola, ganadera y monocultivos, la explotación de minerales a cielo abierto, la expansión urbana entre otros; todo esto debido a que no existe una adecuada planificación ambiental que permita el control y prevención todos los impactos causados (MADS,2011).

En la mina el cielo, la explotación del material de arcilla, se constituye como una de las actividades para la obtención de materia prima, para la elaboración de productos tales como ladrillos y bloques con destino a la industria de la construcción, a los municipios aledaños en el departamento



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS

del Cesar, en este contexto identificamos dos actividades de la mina, entre los que se encuentran:

La actividad de extracción, la obtención de material arcilloso y procesos de producción de ladrillos y bloques, dentro de una misma área de explotación. Comprendido lo antes mencionado, este estudio se centra en la investigación y análisis preliminar de los impactos ambientales y sociales generados por la mina el cielo con finalidad de identificar y tomar medidas de control, prevención, mitigación, y de ser necesario de compensación por los impactos ambientales generados, buscando con ello la conservación y recuperación de las áreas degradadas por estas actividades extractivas. Es bueno comprender que el crecimiento socioeconómico es elemental para una sociedad y más una vereda de la región que presentan condiciones precarias. El aprovechamiento de esta actividad puede ser de carácter positivo para la generación de empleabilidad, permitiendo un avance social, a su vez la comunidad debe enfocarse en el desarrollo sostenible para las generaciones futuras.

Las explotaciones a cielo abierto pueden desarrollar: pérdida de fertilidad, pérdida de cobertura vegetal que ocupa un área específica dentro de un ecosistema, además presenta procesos erosivos del suelo, modificación radical de la morfología del suelo, afectaciones en los acuíferos subterráneos, entre otros (MADS,2010).

De tal manera, lo anterior afecta la génesis del suelo disturbándolo a tal modo que es indispensable un control de carácter inmediato a estos impactos ambientales negativos de carácter significativos, siendo necesaria la recuperación de los suelos en donde se propone la obtención de Biofertilizantes que permitan devolver las condiciones de fertilidad del suelo,



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

acorde a las tendencias del suelo en La Mina el Cielo garantizando su
compromiso en cuanto a minería responsable en este componente.



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

2. JUSTIFICACIÓN

La realización de esta investigación radica en la importancia que tiene el área de la mina El Cielo, en cuanto al recuperar los suelos disturbados por las actividades de explotación, extracción y fabricación de ladrillos, así como el análisis de los impactos ambientales que permiten tomar medidas de control.

En el ámbito social, el estudio es necesario e importante porque sus resultados podrán permitir conocer los riesgos y las responsabilidades técnico legales a las cuales se encuentra la comunidad que ejecuta la actividad minera, la cual posee un título de propiedad colectiva y sustenta para aplicar principios gubernamentales en cuanto a minería artesanal dentro de su territorio, así mismo como trabajar bajo aceptación de una minería responsable mejorando la calidad de vida, fomentando una acción social adecuada y reduciendo los impactos que se puedan generar tanto a la salud como al medio ambiente, lo cual repercute en el estilo de vida sociocultural de la vereda El Cielo.

En lo ambiental, el estudio se orienta hacia la recuperación de los suelos disturbados afectados por la actividad minera, así como el mejoramiento de los componentes ambientales, bióticos, abióticos y socioeconómicos, debido a que la minería es una de esas actividades que debe ser controlada en cada una de sus etapas desde la prospección, explotación, extracción, transporte, procesamiento, uso y consumo; así mismo, el enfocarse en la recuperación de la fertilidad, microelementos y nutrientes básicos del componente suelo dado su factor determinante en cuanto su uso.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

A nivel metodológico la recuperación de suelos a través de procesos de biofertilizantes hace parte de un control operacional como instrumento de la planificación ambiental, en donde al introducir la variable ambiental como correlación lineal en el componente suelo en su recuperación pone en servicio información sobre uso sostenible del mismo, como la toma de decisiones, ejecución de políticas, planes, programas y proyectos, incluyendo estudios técnicos y el seguimiento por las autoridades ambientales competentes (Arboleda. 2008).

En el ámbito teórico el estudio planteado buscará aportar información base y significativa sobre el estado actual de los suelos de la mina El Cielo en el corregimiento de Valencia de Jesús (Cesar). Teniendo como foco de estudio la extracción minera de arcillas a cielo abierto realizando control de uno de los tantos pasivos ambientales que esta actividad económica genera.

Finalmente, el uso de biofertilizantes como técnica de recuperación de suelos disturbados por actividad minera es de envergadura técnico - académica e ingenieril que generan resultados óptimos en el desarrollo de los procesos que administren los recursos naturales y en este caso los suelos de La Mina El Cielo.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General.

Recuperar los suelos mineros disturbados a través de los procesos de lombricultura y compost en La Mina el Cielo corregimiento de Valenca de Jesús – Cesar.

3.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Realizar el diagnóstico inicial de la zona afectada a través de análisis de calidad de suelos en parámetros de fertilidad como Microelementos, CO, CE pH, Humedad y Textura.
- ✓ Definir la producción de Biofertilizantes (lombricultura, compost, lombricompost y humus líquido) para su aplicación.
- ✓ Implementar los productos obtenidos para el proceso de recuperación.
- ✓ Evaluar la eficiencia en la recuperación de la calidad del suelo disturbado en base a la fertilidad vs línea base del diagnóstico obtenido.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES

Guacaneme, Susan, (2005). Efecto de la aplicación de biosólidos, como enmienda orgánica, en la recuperación de un suelo disturbado por actividad extractiva en la cantera Soratama, localidad de Usaqué, Bogotá D.C. Con este proyecto se buscó evaluar el efecto de los biosólidos como recuperador de las propiedades físicas y químicas un suelo disturbado en una cantera en la localidad de Usaqué, Bogotá D.C. Para esto, se realizó un diseño experimental de una vía con tres niveles y tres repeticiones más el control, para un total de 12 parcelas (4 x 4.5 m x 30 cm) dispuestas completamente al azar en el terreno. Posteriormente se realizaron diferentes tratamientos con proporciones medidas en volumen / volumen de Estéril y Biosólido de la siguiente manera: Tratamiento uno (T1) con una proporción de 8:1, tratamiento dos (T2) con una proporción de 4:1, tratamiento tres (T3) con una proporción de 2:1 y las parcelas control sin biosólido.

Los resultados mostraron que la adición del biosólido como enmienda orgánica, incrementó significativamente y proporcional a las dosis aplicadas, los contenidos de carbono orgánico, pH, nitrógeno, fósforo, capacidad de intercambio catiónico, bases totales, humedad y porosidad. Inicialmente se presentó un mayor contenido de carbono orgánico en la profundidad de 15 a 30 cm que de 0 a 15 cm, debido al proceso de lixiviación. Gracias a que el biosólido contiene carbonatos de calcio, que favorecieron el incremento del pH, no se evidenció aluminio disponible en las parcelas con biosólidos, que puede llegar a ser tóxico para la vegetación. No obstante, la adición del





biosólido generó un aumento paulatino en la salinidad del suelo, lo cual se hace más notorio en el noveno mes. Este experimento indica que el tratamiento tres podría generar más efectos benéficos sobre el suelo debido a que aumentó los contenidos de nutrientes, mejoró las condiciones físicas y se acercó en mayor proporción al suelo menos disturbado del bosque adyacente.

Potisek, M, Figueroa, U, González, C, Jasso, R, Orona, I. (2010). Aplicación de biosólidos al suelo y su efecto sobre contenido de materia orgánica y nutrimentos. El objetivo esta investigación fue evaluar el contenido de materia orgánica, macro y micronutrientes en el suelo, después de la aplicación de biosólidos, así como su distribución en el perfil del suelo. El estudio se llevó a cabo en columnas de PVC empacadas con suelo de textura franco-arcillo-limosa. Los tratamientos fueron dosis de biosólidos (100 y 200 Mg ha^{-1}), 100 kg N ha^{-1} como sulfato de amonio y un testigo sin fertilizar. La aplicación de biosólidos incrementó la materia orgánica en el estrato superficial del suelo. No se observaron tendencias significativas en la distribución de la materia orgánica en el perfil del suelo; en promedio de todo el perfil, los valores más altos se observaron en la dosis alta de biosólidos (1.2%), mientras que el valor más bajo fue 1.1% en el testigo.

La aplicación de biosólidos incrementó la materia orgánica en el estrato superficial del suelo. No se observaron tendencias significativas en la distribución de la materia orgánica en el perfil del suelo. Los biosólidos incrementaron el contenido de nitratos y fósforo aprovechable en el suelo hasta una profundidad de 35 cm, mientras que el potasio no aumentó significativamente con la aplicación de biosólidos. La concentración de





micronutrientes se incrementó en todo el perfil de suelo con la aplicación de biosólidos; el orden de micronutrientes en el suelo con biosólidos fue $Zn > Fe > Mn > Cu$.

Quiterio, Juan (2011). En su proyecto Efectividad de Substancias Húmicas de leonardita en la Remediación de un Calcisol Contaminado con Plomo. Determinaron la efectividad de sustancias húmicas de Leonardita, en la remediación de un Calcisol contaminado con plomo para lo cual se colocaron en macetas de plástico 1 kg de este suelo y se les adicionaron 2, 4 y 6 ml litro⁻¹ de agua de dos ácidos húmicos: uno experimental (AHE) y el otro comercial (AHC); así como las mismas cantidades de dos ácidos fúlvicos y denominados de igual forma: experimentales (AFE) y comerciales (AFC). Después de un día, a los 15 y a los 45, fueron colectados los lixiviados del suelo y se les midió el pH y el contenido de plomo (Pb).

Se encontró que al aplicar 6 ml litro⁻¹ de agua de los ácidos fúlvicos comerciales, se extrajo la superior cantidad de plomo, porque con este tratamiento se aventajó al testigo en 133 por ciento y, además, el pH disminuyó considerablemente. Se concluye que los ácidos fúlvicos experimentales, de forma general, aumentan la extracción de plomo del suelo contaminado, en función del tiempo; mientras que, de forma particular, 6 ml litro⁻¹ de agua del ácido fúlvico comercial, lo efectuaron.

Gracia, J. 2012. Efectos de los compost sobre las propiedades del suelo: evaluación comparativa de compost con separación en origen y sin separación en origen. El objetivo global de este trabajo fue la evaluación comparativa de los efectos, a corto y medio plazo que se

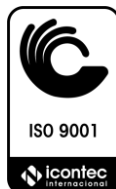




producen en las propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo típico semiárido (calcisol), tras la aplicación de 2 diferentes compost de RSU: uno procedente de una planta en la que los residuos han sido recogidos de forma separada (Barcelona), y otra, sin separación en la recogida (Murcia). El estudio fue llevado a cabo, en 15 parcelas, con unas dimensiones de 1 metro de ancho por 2 metros de largo. Atendiendo al diseño experimental, sobre las parcelas se aplicaron: 2 Tipos de compost diferentes, 2 Dosis de aplicación, 3 réplicas de cada aplicación más 3 parcelas control

Las dosis aplicadas sobre las parcelas se dividieron en dosis baja (15 Kg m⁻² peso seco) y dosis alta (25 Kg m⁻² peso seco). El compost fue aplicado, como un único tratamiento, en los 20 primeros centímetros de suelo, mediante un motocultor. La monitorización del suelo se llevó a cabo, mediante la toma de muestras en distintas etapas. La toma de muestras se realizó en el periodo inicial, y a los 4, 8, 12 y 42 meses con la finalidad de poder detectar la influencia sobre los parámetros del suelo con el transcurrir del tiempo.

Las 15 parcelas, se dividen en 5 grupos: 3 parcelas Control sin modificar, 3 parcelas con compost catalán (separado en origen) a baja dosis (CCB), 3 parcelas con compost catalán (separado en origen) a alta dosis (CCA), 3 parcelas con compost murciano (sin separar en origen) a baja dosis (CMB), 3 parcelas con compost murciano (sin separar en origen) a alta dosis (CMA). De cada una de las parcelas, se tomaron 2 muestras aleatorias de los primeros 20 centímetros donde se había aplicado el compost (30 muestras en total). Y se sometieron a las diversas pruebas analíticas, para determinar la influencia sobre los diversos parámetros del suelo sometidos a estudio, que ha tenido la aplicación de las distintas enmiendas orgánicas.





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

Se concluyó que las mejoras producidas en el primer lapso sobre las propiedades del suelo, tras la aplicación de las enmiendas orgánicas, se mantienen en el medio plazo, de manera generalizada, tanto en las propiedades físicas, químicas como biológicas. Algunos de los parámetros sometidos a estudio, han producido mejores resultados a medio plazo, caso de la estabilidad de agregados o la fijación de carbono orgánico y nitrógeno. La utilización de compost se presenta, por tanto, como una buena herramienta en la recuperación y regeneración de suelos degradados.

Buendía, Hildebrando, (2012). En su estudio, **Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante compost de aserrín y estiércoles** indagó cómo se ve afectado benéficamente un suelo contaminado por hidrocarburos al aplicársele un compost hecho en base de aserrín y estiércol usando como indicador la planta “maíz” *Zea mays* L.

La metodología que se empleó fue del tipo experimental, ya que se obtuvo una muestra de suelos contaminados por hidrocarburos, a las que se les aplicó con aserrín y estiércol, con diferentes tratamientos y como indicador se tiene el desarrollo de la planta de maíz, *Zea mays* L. de la Variedad Marginal. T-28; por lo que es pertinente el método experimental.

Se concluyó que los suelos contaminados con hidrocarburos, tratados con aserrín y estiércoles orgánicos en promedio disminuyeron 22.5 por ciento del contenido de hidrocarburos en el suelo. Empleando solo estiércol disminuyó solo 16.5 por ciento y usando solamente aserrines disminuyó 9.6 por ciento. Los suelos contaminados tratados con estiércol orgánico más aserrines,



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



utilizados como sustratos para la planta del maíz, tuvieron en promedio 36.80 Cm de altura de planta, en comparación a los tratamientos de suelos contaminados usando solamente estiércol un promedio de 24.48 cm y utilizando solamente aserrín un promedio de 22.14 cm. Se demostró que la planta de maíz es un buen indicador para evaluar la reducción de la concentración de hidrocarburos en los suelos contaminados a través de sus variables la altura de la planta, peso seco foliar y peso seco radicular.

Murillo, J, Rodríguez, G, Roncallo, B, Rojas, L y Bonilla, R (.2014). Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en la evolución de las propiedades del suelo, en áreas deterioradas del departamento del Cesar. El diseño experimental fue de bloques completos al azar y se aplicó análisis de varianza. Se evaluaron dos tratamientos: testigo, basado en el manejo tradicional del productor, sin aplicación de prácticas de mejoramiento del suelo (sistema predominante en la zona); y experimental, que consistió en la aplicación de enmiendas inorgánicas y prácticas sostenibles al suelo: labranza apropiada, incorporación de abono verde (*Vigna unguiculata*) y establecimiento de cobertura vegetal con gramíneas y leguminosas asociadas (*Bothriochloa pertusa*, *Leucaena leucocephala* y *Clitoria ternatea*). Se realizó una evaluación comparativa de las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, durante tres años. Existió tendencia al mejoramiento de las características físicas y químicas del suelo, debido al descenso de la densidad aparente (de 1,68 a 1,53 g cm⁻³ en los primeros 30 cm de profundidad), así como al aumento de la porosidad del suelo (de 33,28 a 41,2 %), la infiltración básica (de 0,5 a 1,3 mm h⁻¹), la materia orgánica (de 0,97 a 1,40 %) y el azufre (de 8,57 a 40,35 mg kg⁻¹). Asimismo, no se

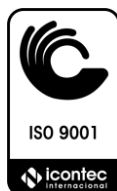




incrementó la concentración de sodio ni la conductividad eléctrica. Los tratamientos no generaron alteraciones considerables en las poblaciones microbianas (bacterias, actinomicetos y hongos), lo que permite inferir que las prácticas aplicadas no causaron impactos negativos en la microbiota del suelo.

Gómez, Lorena. (2015). Estudio de una alternativa para la remediación de cargas contaminantes en suelos, por actividades agrícolas. Dieron a conocer un producto de tecnología innovadora, que mediante métodos avanzados de óxido-reducción, transforma los elementos potencialmente tóxicos en compuestos o elementos no peligrosos o menos riesgosos, reduciendo su toxicidad o su solubilidad; además de aportar su acción desinfectante con un amplio espectro de acción sobre bacterias, hongos y nematodos, constituyendo una alternativa amigable con el medio ambiente especialmente con el recurso suelo.

El producto que se evaluó es un regenerador de suelos que crea autodefensas naturales en suelos inductivos a enfermedades y nemátodos. Mediante reacciones de óxido-reducción, transforma los elementos potencialmente tóxicos en compuestos o elementos no peligrosos, reduciendo su toxicidad o su solubilidad y/o aumentando su estabilidad química. Sobre contaminantes metálicos y no metálicos, cambia el estado de oxidación del elemento, ya que de éste depende su capacidad para reaccionar con otros contaminantes o compuestos presentes en el suelo, de esta manera, es posible disminuir la concentración biodisponible del elemento potencialmente tóxico en el suelo.





Con el uso del producto evaluado se promueve la hidroxilación de los compuestos orgánicos e incrementar la solubilidad, lo cual facilita la biodegradabilidad y disponibilidad de contaminantes como los hidrocarburos policlorados. También proporciona una parte orgánica del quelato promoviendo la solubilización del hierro y demás elementos menores, mejorando el aprovechamiento de estos elementos nativos del suelo; favoreciendo esto, a la disminución en el uso de fertilizantes y por ende disminuyendo la carga de elementos potencialmente tóxicos para el suelo. Debido a su gran potencial de óxido-reducción permite la liberación y disponibilidad de elementos mayores y menores para las plantas.

4.2. MARCO TEÓRICO

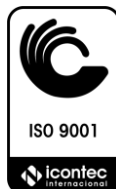
Componente suelo

(Gómez. J & Mejía. P, 2017). en base a (Silla, 2015) definen el suelo como la capa más superficial de la corteza terrestre, siendo una estructura dinámica formada por minerales, agua, aire, materiales orgánicos y microorganismos. Su importancia radica en que es un elemento natural dinámico y vivo, que forma parte fundamental en los ciclos biogeoquímicos, por lo cual desarrolla varias funciones esenciales en la naturaleza de carácter ecológico, económico, social y cultural.

Composición del suelo

El suelo está constituido por tres fases.

- La fase sólida (formada por los componentes inorgánicos y los orgánicos)
- La fase líquida





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

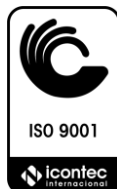
- La fase gaseosa



LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS

La parte sólida inorgánica o mineral del suelo representa en proporción un 50 % del volumen del suelo, la parte orgánica un 5 %, la parte líquida un 25 % y la parte gaseosa un 20 %.

La fase sólida orgánica interacciona con la inorgánica formando compuestos intermedios estableciendo uniones orgánico-minerales, lo que favorece la destrucción de los minerales primarios, el desarrollo del proceso de humificación, etc. Los huecos que deja la fase sólida al agregarse sus partículas son ocupados por las fases líquida y gaseosa. Estas últimas se interrelacionan a través de la superficie de las partículas coloidales, arcillas y humus, mediante el complejo de cambio de iones y la adsorción de moléculas polares y no polares. La atmósfera del suelo es parecida, cualitativamente, a la atmósfera terrestre, aunque difieren cuantitativamente en su composición. Se nutre de esta última y de la respiración de la biomasa que vive en el suelo. Las raíces y los microorganismos en el proceso de respiración consumen oxígeno y desprenden dióxido de carbono y si los niveles de oxígeno son insuficientes porque la aireación no es la adecuada, se producen retrasos o paralización en el desarrollo de las plantas, toxicidad ligada a procesos de reducción, etc. La disolución del suelo está constituida por agua, gases disueltos y otros solutos y partículas orgánicas e inorgánicas en suspensión procedentes de las otras fases. En relación con la atmósfera edáfica, es necesario resaltar la gran importancia que tiene la aireación en la fertilidad y productividad del suelo (Silla, 2015).



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



Propiedades físicas del suelo

Textura: Como afirma **Jaramillo (2002)**, es la proporción relativa, en una masa de suelo, de fracciones arena, limo y arcilla. Permite conocer la capacidad de retención de agua disponible, circulación de agua, capacidad para almacenar nutrientes y los riesgos de erosión.

Estructura: La asociación de las partículas (arena, limo y arcilla) forma agregados, la estructura define el arreglo u ordenamiento tanto de las partículas individuales como de los agregados. La estructura del suelo afecta directamente la aireación, el movimiento del agua en el suelo, la conducción térmica, el crecimiento radicular y la resistencia a la **erosión (FAO, s.f.)**.

Color: El color es una de las características que más se utiliza para diferenciar los suelos; el color guarda relaciones con la temperatura, la humedad, la cantidad de materia orgánica, el clima, los organismos y, en muchos aspectos sirve para juzgar globalmente la fertilidad del suelo (**UNAD, 2013**)

Consistencia: La consistencia es la propiedad que define la resistencia del suelo a la deformación o ruptura que pueden aplicar sobre él. Según su contenido de humedad la consistencia del suelo puede ser dura, muy dura y suave. Se mide mediante tres niveles de humedad, aire-seco, húmedo y mojado (**FAO, s.f.**).





Porosidad: El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse (**FAO, s.f.**).

Densidad: A través de esta, se puede obtener la porosidad total del suelo. Se refiere al peso por volumen del suelo. Existen dos tipos de densidad, real y aparente.

Densidad real: Es el peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan, sin tener en cuenta su organización en el suelo, es decir, sin involucrar en el volumen el espacio ocupado por los poros.

Densidad aparente: Es la densidad del suelo que tiene en cuenta el espacio ocupado por los poros al cuantificar el volumen de la muestra de suelo.

Temperatura: Es una característica que influye en el suelo afectando los organismos y las velocidades de reacción que se puedan dar en el medio.

Profundidad del suelo: A través de esta, se determina el volumen de agua que pueda almacenar un suelo para las raíces.

Conductividad hidráulica: Es la medida de la permeabilidad y se define como la velocidad con que el agua se mueve a través del suelo en un medio saturado y se expresa en mm/día (**UNAD, 2013**).



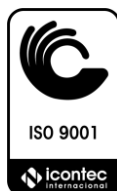


Capacidad de campo: Es la cantidad de agua que puede retener un suelo contra la fuerza de gravedad, después de un riego o lluvia que lo ha humedecido.

Propiedades químicas

Conductividad eléctrica: La conductividad eléctrica (CE) nos sirve para medir la concentración total de sales en una solución, pero no indica qué sales están presentes. La CE se expresa en dS/m (anteriormente denominada mmho/cm). Cuando se habla de la CE, debemos siempre especificar si es la CE del agua de riego, la CE del agua de drenaje o la CE de la solución del suelo. En el caso de la CE de la solución del suelo, hay que especificar en qué estado de humedad del suelo. A medida que el suelo se seca, la CE de la solución del suelo va en aumento. A una misma cantidad de sales aplicada al suelo, la concentración de las sales en la solución de suelo en capacidad de campo será menor, cuanto más agua sea capaz de retener el suelo (**Fertilíquidos, 2010**).

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc.). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrógeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con bajo CIC indica baja





habilidad de retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica (**FAO, s.f.**).

PH: El pH (potencial de hidrógeno) determina el grado de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino) (**FAO, s.f.**).

Porcentaje de saturación de bases: En el suelo se encuentran los cationes ácidos (hidrógeno y aluminio) y los cationes básicos (calcio, magnesio, potasio y sodio). La fracción de los cationes básicos que ocupan posiciones en los coloides del suelo se refiere al porcentaje de saturación de bases. Cuando el pH del suelo indica 7 (estado neutral) su saturación de bases llega a un 100 por ciento y significa que no se encuentran iones de hidrógeno en los coloides. La saturación de bases se relaciona con el pH del suelo. Se utiliza únicamente para calcular la cantidad de limo requerida en un suelo ácido para neutralizarlo (**FAO, s.f.**).

Biorremediación en suelos contaminados

El término biorremediación se utiliza para describir una variedad de sistemas que utilizan organismos vivos (plantas, hongos, bacterias, etc.) para degradar, transformar o remover compuestos orgánicos tóxicos a productos metabólicos inocuos o menos tóxicos. La biorremediación puede emplear organismos propios del sitio contaminado (autóctonos) o de otros sitios.





(exógenos), puede realizarse in situ o ex situ, en condiciones aerobias (en presencia de oxígeno) o anaerobias (sin oxígeno) (Sepúlveda & Trejo, 2002).

Tecnologías in situ

Las técnicas in situ buscan estimular y crear un ambiente favorable para el crecimiento microbiano a partir de los contaminantes. Dentro de esta, se distinguen los siguientes métodos:

Bioventeo: El bioventeo es una tecnología relativamente nueva, cuyo objetivo es estimular la biodegradación natural de cualquier compuesto biodegradable en condiciones aerobias. El aire se suministra en el sitio contaminado a través de pozos de extracción, por movimiento forzado (extracción o inyección), con bajas velocidades de flujo, con el fin de proveer solamente el oxígeno necesario para sostener la actividad de los microorganismos degradadores (**Sepúlveda & Trejo, 2002**).

Bioestimulación: La bioestimulación implica la circulación de soluciones acuosas (que contengan nutrientes y/u oxígeno) a través del suelo contaminado, para estimular la actividad de los microorganismos autóctonos, y mejorar así la biodegradación de contaminantes orgánicos o bien, la inmovilización de contaminantes inorgánicos in situ (**Sepúlveda & Trejo, 2002**).

Bioaumentación: Utiliza el suelo contaminado, trabajado periódicamente mediante técnicas de laboreo y suplementado con agua y nutrientes (si es necesario), constituyendo un sistema aeróbico en un lecho previamente acondicionado. El suelo así preparado se siembra con determinados microorganismos (seeding) para incrementar la velocidad natural de degradación de un contaminante. Estos microorganismos pueden ser nativos





o pueden ser de otra procedencia (con las capacidades metabólicas deseadas). En ambos casos los microorganismos son multiplicados en laboratorio e inoculados luego en el suelo a tratar. Para mejorar la aireación de la mezcla suelo- residuo se realizan tareas de laboreo (arado y roturado). Para el que proceso sea efectivo, los microorganismos incorporados al ambiente comprometido deben ser capaces de adaptarse a la matriz del suelo, sobrevivir, crecer, multiplicarse y conservar sus capacidades metabólicas **(Manacorda & Cuadros, 2005)**.

Biolabranza: Durante el proceso de biolabranza, la superficie del suelo contaminado es tratada en el mismo sitio por medio del arado. El suelo contaminado se mezcla con agentes de volumen y nutrientes, y se remueve periódicamente para favorecer su aireación. Las condiciones del suelo (pH, temperatura, aireación) se controlan para optimizar la velocidad de degradación y generalmente se incorporan cubiertas u otros métodos para el control de lixiviados (Riser-Roberts 1998). La diferencia entra la biolabranza y el composteo, es que en la biolabranza, se mezcla el suelo contaminado con suelo limpio, mientras que el composteo generalmente se realiza sobre el suelo **(Sepúlveda & Trejo, 2002)**.

Tecnologías ex situ: son los tratamientos que se distinguen cuando el procedimiento se realiza fuera del lugar donde está la contaminación:

Tratamiento por vía sólida: También conocido como "Landfarming", tratamiento en lechos o tratamiento vía sólida. Esta es la técnica más usada para la biorremediación de los lodos contaminados con hidrocarburos y de otros desechos de la industria petrolera. Esta técnica consiste en excavar los





suelos contaminados, extenderlos sobre un área suficientemente amplia y estimular las variables de incidencia en el proceso para promover la actividad de los microorganismos encargados de degradar los hidrocarburos (**Torres y Zuluaga, 2009**).

Bioceldas o biopilas: Consiste en la reducción de la concentración de contaminantes derivados del petróleo en suelos mediante la formación de pilas de material biodegradable de dimensiones variables, formadas por suelo contaminado y materia orgánica (compost) en condiciones favorables para el desarrollo de los procesos de biodegradación de los contaminantes (**Torres y Zuluaga, 2009**).

Tratamiento por vía suspensión: También conocido como sistema biorreactor o contacto líquido-sólido. El procedimiento consiste en excavar el suelo contaminado y luego introducirlo en un reactor añadiendo nutrientes, agua, y los cultivos microbianos adecuados para que se lleve a cabo la degradación. Se mezcla bien y se airea la suspensión hasta que las transformaciones de los compuestos seleccionados para su eliminación alcanzan el nivel deseado. A continuación, se detiene el mezclado y la aireación, y se deja a los sólidos separarse de los fluidos por sedimentación. El sedimento es retirado y, si la transformación ha tenido éxito, el suelo se devuelve a su lugar de origen, mientras que los líquidos se tratan como aguas residuales (**Torres y Zuluaga, 2009**).

Fertilizantes.

Cualquier material natural o industrializado, que contenga al menos cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P₂O₅, K₂O), puede ser llamado fertilizante. Los fertilizantes que contienen sólo un nutriente





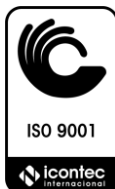
primario son denominados fertilizantes simples. Aquellos conteniendo dos o tres nutrientes primarios son llamados fertilizantes multinutrientes, algunas veces también fertilizantes binarios (dos nutrientes) o ternarios (tres nutrientes) (IFA, 2011).

Biofertilizantes: Es un abono orgánico, también llamado BIOL, resultado de un proceso de descomposición y fermentación en ausencia de oxígeno (anaeróbica) de residuos orgánicos vegetales y animales (estiércol, residuos de cosecha). Contiene nutrientes de alto valor nutritivo (nitrógeno amoniacal, hormonas, vitaminas y aminoácidos) que estimula el crecimiento, desarrollo y producción en las plantas. (Esprella, 2012)

Compostaje: (Varela & Basil, 2011) según (Rynk, 1992) definen que es un proceso biológico termofílico en donde la materia orgánica es descompuesta por una gran cantidad de microorganismos. Bacterias, hongos, protozoos, ácaros, miriápodos, entre otros organismos aeróbicos, digieren los compuestos orgánicos transformándolos en otros más simples

Lombricultura: Tineo (1991), define como: “la crianza y manejo de lombrices de tierra en condiciones de cautividad”; con la finalidad básica de obtener con ella dos productos de mucha importancia para el hombre: el humus como fertilizante, enmienda de uso agrícola y la proteína (carne fresca o harina), como suplemento para raciones de animales. Por lo tanto, todas las operaciones diversas relacionadas con la cría y manejo de lombrices, se le llama lombricultura.

Humus solido: (Torres & Zuluaga 2009) en referencia a (Alexander, 1991) definen como materia orgánica que ha sufrido varias degradaciones y





transformaciones. Está compuesto en su mayor parte por sustancias polimerizadas: compuestos aromáticos, polisacáridos aminoácidos, polímeros del ácido urónico y compuestos que contienen fósforo

Humus líquido: Producto líquido semitransparente, de color pardo oscuro (carmelita), sin olor, el cual contiene Nitrógeno (N), Potasio (K) y Fósforo (P) en cantidades que oscilan entre 0.7- 7.9 mg/l. Además de tener microelementos tales como: Zinc (Zn), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Bromo (Br), Cobre (Cu), y compuestos orgánicos que actúan como estimuladores de crecimiento. **(Laulate, 2017)**

Análisis de suelo

En la práctica, el nivel de disponibilidad de los nutrientes, en un suelo determinado y en un momento dado, se determina tomando muestras representativas de un suelo y analizándolo en laboratorio. Los resultados son contrastados contra curvas previamente construidas (sobre la base de ensayos de campo) de respuesta del cultivo que se va a establecer, a fertilizantes, en la zona que corresponde (Novoa et al., s.f.).

El análisis químico de suelo es una herramienta de gran valor, para la toma de decisiones del profesional encargado de dar recomendaciones sobre fórmula de fertilización por usar bajo determinadas condiciones de suelo.

4.3. MARCO CONTEXTUAL

La Mina el Cielo, se encuentra ubicada a 15 km de la ciudad de Valledupar, la cual pertenece al corregimiento Valencia de Jesús – Cesar, posee 55 Ha, cuyas coordenadas geográficas son: 10°19'52,53" Latitud Norte y 73°20'7,95" Longitud Oeste, a una elevación media de 111 msnm (Google





La región cuenta con un clima cálido, una temperatura promedio anual de 32°C y una precipitación pluvial de 145 mm (IDEAM, 2017). En este predio se presentan características de bosque seco tropical.

El área total del título minero es de 55 Hectáreas. El título se ubica en la Plancha No. 34-I-B del IGAC (Agencia Nacional de Minería. Grupo de Seguimiento, Seguridad, Control y Seguridad Minera, 2015). El polígono se localiza en las coordenadas que se muestran en la tabla 1. Ver Figura 1 (Polígono del título minero).

Tabla 1. Coordenadas polígono de Título Minero 0164-20

PUNTO	NORTE	ESTE
1	1634500	1081500
2	1634500	1082000
3	1633400	1082000
4	1633400	1081500

Fuente: Tomado de Expediente minero, Agencia Nacional de Minería PTO,2018.

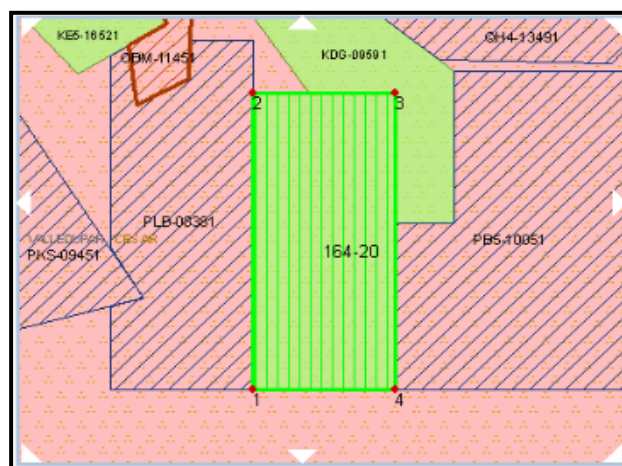
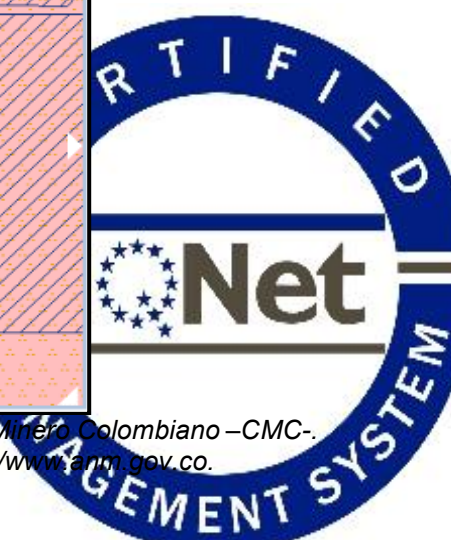


Figura 1. Polígono Título Minero 0164-20. Tomado de Catastro Minero Colombiano –CMC-. Agencia Nacional de Minería 2017. Recuperado de <http://www.arn.gov.co>.





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

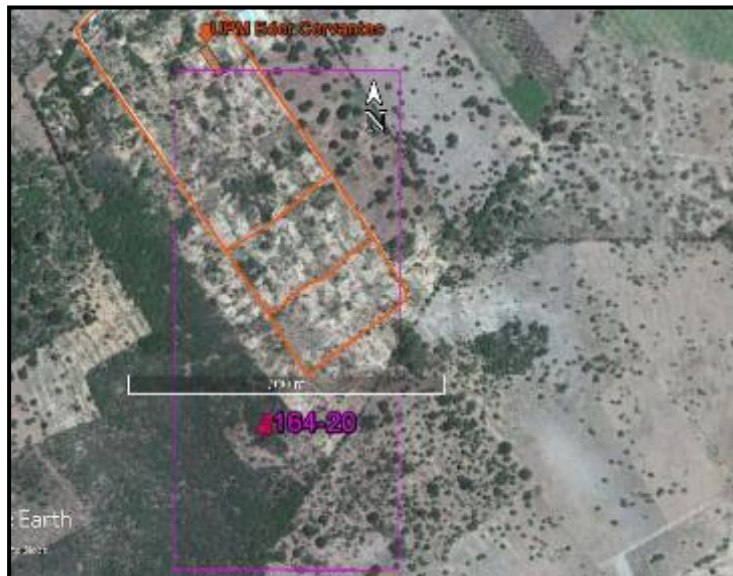


Imagen 1. Esquema localización UPM en el Título 0164-20
Fuente: Google Earth, 2017

La mina El Cielo, se localiza en la vereda El Cielo del corregimiento de Valencia de Jesús en el Municipio de Valledupar, aproximadamente a 14 kilómetros de la vía que de Valledupar conduce al municipio de Bosconia. En ese punto sobre la margen izquierda se toma un carretable de aproximadamente 1,5Km que conduce hasta la vereda.

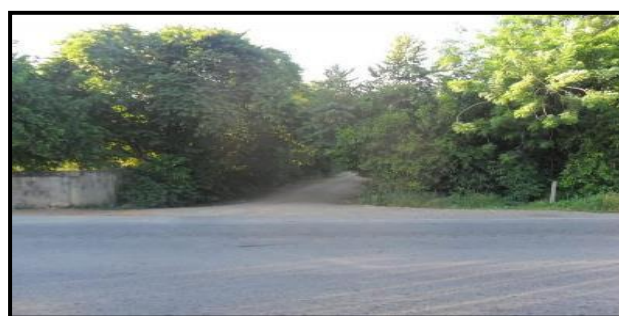


Imagen 2. Acceso al título Vereda El Cielo
Fuente: Autores, 2017.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



Imagen 3. Acceso principal al título 0164-20
Fuente: Autores, 2017.

Clima

El área de estudio presenta las siguientes condiciones climatológicas:

Temperatura: la temperatura promedio de la zona es 37°C, los meses mas calidos son enero y febrero y los menos cálidos son octubre y noviembre. A lo largo del año la temperatura varía entre unos 4°C.

humedad relativa: la humedad relativa estimada en la mina es aproximadamente 87,5%, a lo largo del año se presentan valores máximos de 91% y mínimo de 62%. La estación meteorológica ubicada más cercana a la mina el cielo muestra que los meses en donde se presenta mayor humedad son septiembre, octubre, noviembre y los meses de menor húmedas son enero, febrero y marzo.

Precipitaciones: la lluvia en el departamento del Cesar está determinada por los movimientos en la zona de confluencia intertropical a lo largo del año.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



En el primer semestre estas se desplazan de sur a norte y producen un aumento de precipitación para los meses de abril y mayo, en el segundo semestre las precipitaciones son más altas pues la zona de confluencia intertropical trae en su desplazamiento masas de aire cargadas de vapor.

4.4. MARCO CONCEPTUAL

Suelo

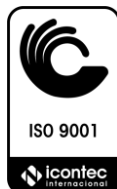
El suelo es un cuerpo natural independiente y evolutivo formado bajo la interacción de cinco factores entre los cuales se encuentra el material parental, el clima, el relieve, los organismos y el tiempo. De los nombrados anteriormente se considera que dentro de los organismos la vegetación es el más importante por el continuo aporte de materia orgánica y la reestructuración de los suelos.

Suelos mineros

Los suelos mineros son aquellos que presentan en su composición material mineral que pueden ser de gran significancia económica para el hombre. Estos suelos son de origen volcánicos y los minerales pueden ser variados dependiendo de la composición del magma.

Suelos degradados

Es aquel que presenta un cambio en la salud resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. Los suelos degradados contienen un estado de salud que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales del suelo en cuestión en su ecosistema.





4.5. MARCO LEGAL.



La Constitución política de Colombia establece los lineamientos para el uso, aprovechamiento y conservación de los recursos naturales, de la misma forma obliga al estado y a las personas naturales y jurídica a proteger las riquezas naturales y culturales de nuestro país todo esto con el fin de proteger la diversidad e integridad del ambiente.

A continuación, se hace mención de algunos artículos establecido por el estado para la preservación y conservación del medio ambiente:

- **ARTICULO 79.** Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

- **ARTICULO 80.** El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas. A partir de la Ley 99 de 1993 se crea el ministerio de medio ambiente, hoy llamado ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible el cual tiene como función impulsar la relación de respeto entre el hombre y la naturaleza para lograr la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible.





El estado colombiano a través de tratados y convenios ambientales tales como la declaración de Río de Janeiro sobre Ambiente y Desarrollo, el Convenio sobre Diversidad Biológica, el Convenio internacional de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación y, la Cumbre mundial de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible ha establecido compromisos para alcanzar un desarrollo sostenible siempre y cuando se protejan los recursos naturales entre ellos el suelo.

- Decreto 2811 1974

El presente decreto señala que el uso de los suelos debe realizarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos y que se debe determinar el uso potencial y clasificación de los suelos según los factores físicos, ecológicos, y socioeconómicos de la región.

Igualmente en esta norma se señaló que el aprovechamiento de los suelos debe efectuarse en forma tal que se mantenga su integridad física y su capacidad productora, lo cual es complementado con el deber de todos los habitantes de colaborar con las autoridades en la conservación y en el manejo adecuado de los suelos.

- Artículo 8. Se consideran factores que deterioran el ambiente, entre otros:

La contaminación del aire, de las aguas, del suelo y de los demás recursos naturales renovables.

Se entiende por contaminación la alteración del ambiente con sustancias o formas de energía puestas en él, por actividad humana o de la naturaleza, en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y la fauna, degradar la calidad del ambiente o de los recursos de la nación o de los particulares.





Se entiende por contaminante cualquier elemento, combinación de elementos, o forma de energía que actual o potencialmente puede producir alteración ambiental de las precedentemente escritas. La contaminación puede ser física, química, o biológica tal como la degradación, la erosión y el revenimiento de suelos y tierras;

- **Artículo 39.** Para prevenir y para controlar los efectos nocivos que puedan producir en el ambiente el uso o la explotación de recursos naturales no renovables, podrán señalarse condiciones y requisitos concernientes a: Trabajos graduales de defensa o de restauración del terreno y de reforestación en las explotaciones mineras a cielo abierto, en forma que las alteraciones topográficas originadas en las labores mineras sean adecuadamente tratadas y no produzcan deterioro del contorno.

- **Artículo 229.** La reforestación consiste en el establecimiento artificial de árboles para formar bosques. El presente artículo establece que la plantación forestal protectora, es la siembra utilizada exclusivamente para proteger o recuperar algún recurso natural renovable y de la cual se puede obtener aprovechamiento indirecto.

- **Resolución 0170 de 2009 del MADS** por la cual se declara en Colombia el año 2009 como año de los suelos y el 17 de junio como día nacional de los suelos y se adoptan medidas para la conservación y protección de los suelos en el territorio nacional. También se le asigna al ministerio de medio ambiente la responsabilidad de formular políticas y expedir normas e impulsar planes programas y proyectos encaminados a la conservación, protección, restauración, recuperación y rehabilitación de los suelos.





- **Artículo 2º.** Medidas de conservación. A fin de adelantar acciones tendientes a la conservación de los suelos, corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial:

2.1. Formular políticas y expedir normas, directrices e impulsar planes, programas y proyectos dirigidos a la conservación, protección, restauración, recuperación y rehabilitación de los suelos.

2.2. Impulsar procesos de divulgación y capacitación dirigidos a la concienciación ciudadana sobre la importancia de la conservación y manejo sostenible de los suelos.

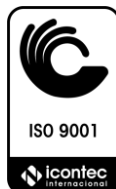
2.5. Promover, conjuntamente con los institutos de investigación y universidades proyectos de investigación científica sobre los suelos, a fin de avanzar en procesos tendientes a su conservación, protección, restauración, recuperación y rehabilitación.

2.6. Seguir liderando la implementación del Plan de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía en Colombia (PAN).

Ley 685 de 2001

Artículo 1. El presente Código tiene como objetivos de interés público fomentar la exploración técnica y la explotación de los recursos mineros de propiedad estatal y privada; estimular estas actividades en orden a satisfacer los requerimientos de la demanda interna y externa de los mismos y a que su aprovechamiento se realice en forma armónica con los principios y normas de explotación racional de los recursos naturales no renovables y del ambiente, dentro de un concepto integral de desarrollo sostenible y del fortalecimiento económico y social del país.

Artículo 194. Sostenibilidad. El deber de manejar adecuadamente los recursos naturales renovables y la integridad y disfrute del ambiente, es compatible y concurrente con la necesidad de fomentar y desarrollar racionalmente el aprovechamiento de los recursos mineros como





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS

componentes básicos de la economía nacional y el bienestar social. Este principio deberá inspirar la adopción y aplicación de las normas, medidas y decisiones que regulan la interacción de los dos campos de actividad, igualmente definidos por la ley como de utilidad pública e interés social.

Artículo 195. Inclusión de la Gestión Ambiental. Para todas las obras y trabajos de minería adelantados por contrato de concesión o por un título de propiedad privada del subsuelo, se incluirán en su estudio, diseño, preparación y ejecución, la gestión ambiental y sus costos, como elementos imprescindibles para ser aprobados y autorizados.

En ningún caso la autoridad ambiental podrá otorgar permisos, concesiones, autorizaciones o licencias de orden ambiental, para obras y trabajos no amparados por un título minero.

Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible:

ARTÍCULO 2.2.1.1.18.6. Protección y Conservación de suelos. En relación con la protección y conservación de los suelos, los propietarios de predios están obligados a:

1. Usar los suelos de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos de tal forma que se mantenga su integridad física y su capacidad productora, de acuerdo con la clasificación agrológica del IGAC y con las recomendaciones señaladas por el ICA, el IGAC y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
2. Proteger los suelos mediante técnicas adecuadas de cultivos y manejo de suelos, que eviten la salinización, compactación, erosión, contaminación o revenimiento y, en general, la pérdida o degradación de los suelos.
3. Mantener la cobertura vegetal de los terrenos dedicados a ganadería, para lo cual se evitará la formación de caminos de ganado o terracetas que se



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



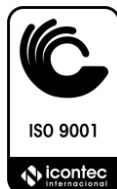
**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

producen por sobrepastoreo y otras prácticas que traigan como consecuencia la erosión o degradación de los suelos.

4. No construir o realizar obras no indispensables para la producción agropecuaria en los suelos que tengan esta vocación.

5. Proteger y mantener la vegetación protectora de los taludes de las vías de comunicación o de los canales cuando dichos taludes estén dentro de su propiedad, y establecer barreras vegetales de protección en el borde de los mismos cuando los terrenos cercanos a estas vías o canales no puedan mantenerse todo el año cubiertos de vegetación.

6. Proteger y mantener la cobertura vegetal a lado y lado de las acequias en una franja igual a dos veces al ancho de la acequia.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



5. METODOLOGÍA

Tipo de investigación

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto se establece el tipo de investigación descriptiva-longitudinal, debido a que en el proceso de investigación se pretende un estudio de las propiedades del suelo con seguimiento de campo analizando las variables en el tiempo para el proceso de recuperación del suelo

Población

La investigación se realizará en los suelos mineros de la mina El Cielo corregimiento de Valencia de Jesús – Cesar. A través de pruebas pilotos, análisis de campo y laboratorios.

MUESTRA: Tres parcelamientos de 10 m² de 5x2 m cada uno en los suelos mineros de la mina el Cielo jurisdicción Valencia de Jesús Cesar.

Diseño de la investigación

Durante la investigación el diseño a ejecutar es de campo el cual consiste en tomar los datos directamente de los suelos mineros de la mina El Cielo y de los distintos ensayos.

METODOLOGIA A SEGUIR

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto se realizará en forma secuencial conforme a como se encuentran organizados los objetivos propuestos. A continuación, se muestran las etapas a ejecutar.





Etapas 1. Diagnóstico inicial de la zona afectada a través de análisis de calidad de suelos en parámetros de fertilidad como Microelementos, CO, CE pH, Humedad y Textura.

- Identificación de áreas afectadas por la actividad minera
- Puntos de Muestreo

Identificación de la parcela demostrativa con suelos afectados por la actividad minera

Toma de muestras de suelo minero, a través de un muestreo compuesto.

- Caracterización del suelo
 - a) Pruebas físicas: Textura, Color, Retención de Humedad, Densidad Aparente, consistencia, porosidad.
 - b) Pruebas Químicas: Carbono Orgánico, Materia Orgánica pH, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Fosforo, Hierro, Potencial De Nitrógeno, Micronutrientes.

El estudio de las características físicas y químicas se hará a escala de laboratorio y campo mediante el procedimiento de toma de muestras de calidad de suelos del IGAC

Etapas 2. Producción de Biofertilizantes (lombricultura, compost, lombricompost y humus líquido) para su aplicación.

En esta etapa se realizarán estudios de:

- a) Recolección de material biodegradable
- b) Adecuación de camas de compost y lombricultura
- c) Separación de productos a aplicar.





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

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.

Etapas 3. Implementación de los productos obtenidos para el proceso de recuperación (Lombricompost, compost y humus líquido).

Aplicación de los productos obtenidos en los suelos afectados por la actividad minera. (definición de dosis óptima)

Etapas 4. Evaluación la eficiencia en la recuperación de la calidad del suelo disturbado en base a la fertilidad vs línea base del diagnóstico obtenido.

- a) Seguimiento a las parcelas de estudio en evolución de la recuperación a través de la aplicación de los biofertilizantes
- b) Establecimiento del sistema de indicadores en base a mejora de microelementos. CO, CE pH, Humedad y Textura.
- c) Correlación lineal en base a resultados de las tres tecnologías aplicadas (**Lombricompost, compost y humus líquido**).



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



6. ANALISIS DE RESULTADOS.

Diagnóstico inicial de la zona afectada a través de análisis de calidad de suelos en parámetros de fertilidad como Microelementos, CO, CE pH, Humedad y Textura.

Se realizó un diagnóstico de la mina el cielo en donde se identificaron diferentes áreas afectadas de las UPM unidades de producción minera, con impactos ambientales del componente suelo de carácter significativo como se muestra a continuación.



Imagen 4. Pasivos ambientales de la actividad minera, impacto ambiental al componente suelo

Fuente: Autores, 2019.

Se determinaron tres parcelas Demostrativas de 5x2 m² (A, AB, B), cada una respectivamente, dos parcelamientos en áreas de influencia directa de la mina (suelos afectados por ubicación de antiguos hornos de producción) y Una tercera parcela fue ubicada en límites de las UPM y Granja de la universidad popular del cesar esto a disposición descrita por el permiso de intervención dado por la asociación de alfareros artesanales de la comunidad y compromiso ambiental por parte de la universidad popular del cesar.





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



Imagen 5. Área designada para recuperación de suelo parcela B
Fuente: Autores, 2019.

Área B: zona de impacto ambiental antiguos hornos de quema de ladrillos.

Coordenadas: 10° 19' 58" N / 73° 19' 57" W

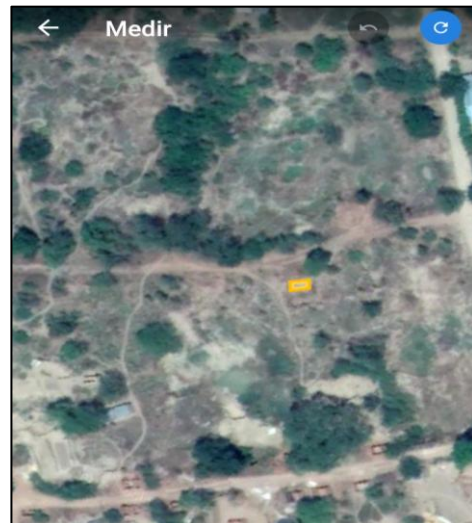


Imagen 6. Área designada para recuperación de suelo parcela B
Fuente: Google Earth, 2019.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



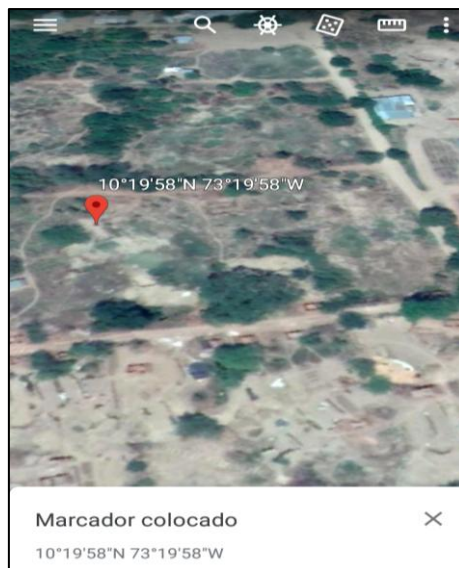
**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



*Imagen 7. Área designada para recuperación de suelo parcela A
Fuente: Autores, 2019.*

Área A: zona de impacto ambiental antiguos hornos de quema de ladrillos.

Coordenadas: 10° 19' 58" N / 73° 19' 58" W



*Imagen 8. Área designada para recuperación de suelo parcela A
Fuente: Google Earth, 2019.*



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



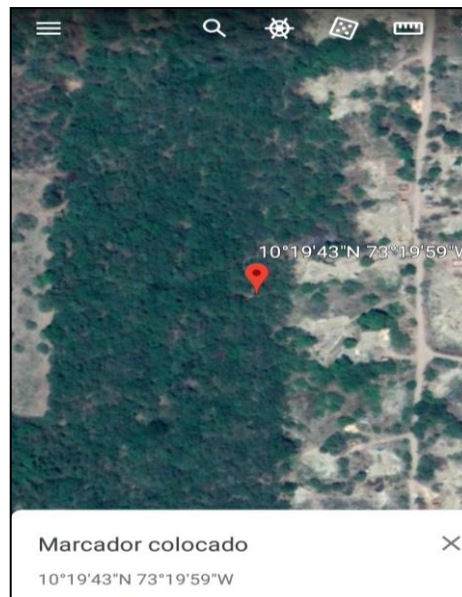
**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



*Imagen 9. Área designada para recuperación de suelo parcela AB
Fuente: Autores, 2019.*

Área AB: zona de impacto ambiental límite de UPM y granja UPC.

Coordenadas: 10° 19' 43" N / 73° 19' 59" W



*Imagen 10. Área designada para recuperación de suelo parcela AB
Fuente: Google Earth, 2019.*



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



En las parcelas demostrativas se interactúa directamente con el suelo en donde a través de un corte analizamos visualmente sus horizontes.



*Imagen 11 .Horizontes del suelo minero disturbado
Fuente: Autores, 2019.*

Así mismo se realizó el procedimiento de toma de muestra del suelo acorde al IGAC el cual consta de un muestreo con una pala y/o palín y un balde, se toma una cantidad similar de suelo en cada punto y a la misma profundidad. El tipo de muestreo aplicado fue en zig-zag. En este método se tomaron unas 15 ó 20 submuestras a lo largo y ancho del terreno que luego se mezclaron en el balde.

Para la toma de muestras con pala, se realizó un hoyo de aproximadamente 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad, se retiraron los 2 cm primeros del suelo y se extrajo la muestra. En general la profundidad de muestreo está entre 2 y 20 cm que es el área de acción de las raíces.





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

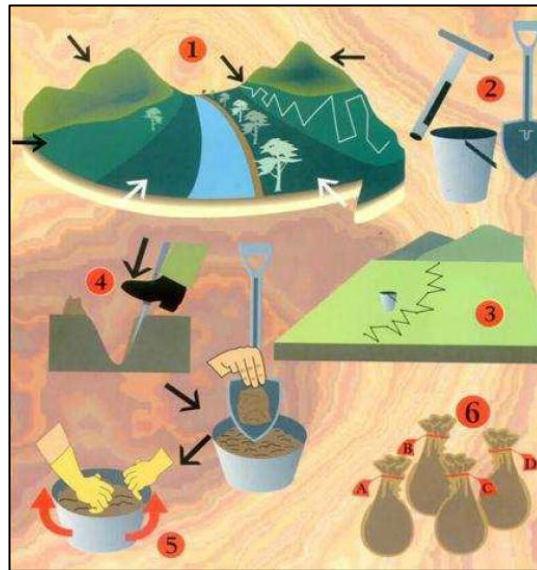


Figura 2. Procedimiento seguido en muestreo del suelo que represente el área que desea analizar.

Fuente: Procedimiento de toma de muestras de suelo laboratorio IGAC, 2019



Imagen 12. Muestra de suelo Blanco Inicial

Fuente: Autores, 2019



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217

EXT. 1129

E-mail: ambiental@unicesar.edu.co





Se mezcló en un balde las submuestras y se obtuvo una muestra compuesta homogénea, se empaco aproximadamente 1 kg en bolsas plásticas y se rotulo respectivamente y se conservó hasta llegar al laboratorio.

Al obtener los datos de los análisis físicos y químicos del suelo minero disturbado encontramos lo siguiente:

Tabla 2. Diagnóstico inicial de los parámetros físicos y químicos del suelo minero disturbado

TIPO DE MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	Mn (mg.kg ⁻¹)	Fe (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	B (mg.kg ⁻¹)	
SUELO	BLANCO		31,96	8,24	0,69	1,46	0,23
		NITROGENO TOTAL %	CIC	FÓSFORO mg/Kg	CARBONO ORGANICO %	CE(dS/m)	Densidad Real (gr/Cm3)
		0,08%	11,710	62,52	0,66%	0,9	8,33
		Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Volumen suelo (Cm3)	pH	Densidad Aparente (gr/Cm3)	% Humedad
		100	96	24	6,33	4,2	4%

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.

Tabla 3. Diagnóstico inicial de los parámetros físicos y químicos del suelo minero disturbado

IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	GRAVAS (%)	ARENA (%)	LIMO(%)	ARCILLA (%)	CLASE TEXTURAL
BLANCO	0,0	27,4	22,4	50,2	Ar

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.





PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS DEL SUELO BLANCO INICIAL

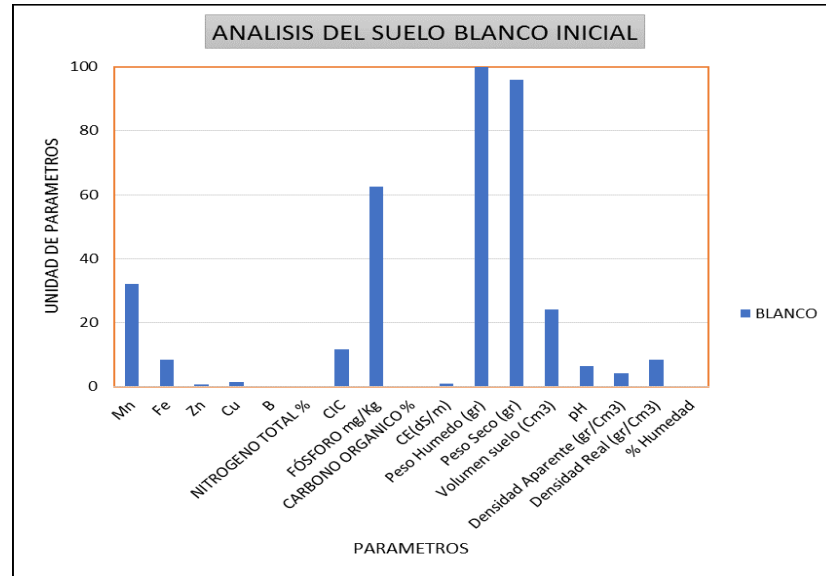


Grafico 1. Parámetros físicos y químicos del blanco inicial
Fuente: Autores, 2019.

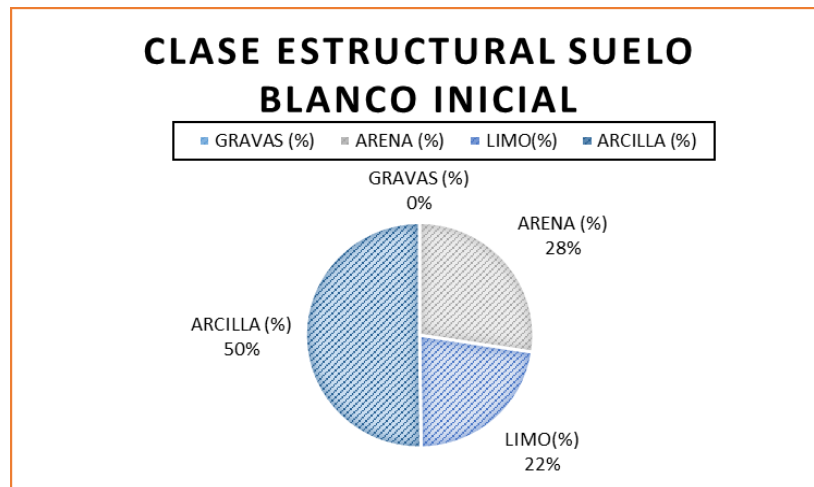


Grafico 2. Clase Estructural de Suelo Blanco inicial
Fuente: Autores, 2019.





Producción de Biofertilizantes (lombricultura, compost, lombricompost y humus líquido) para su aplicación.

Recolección de material biodegradable:

Se realizó la recolección de material biodegradable para el procedimiento de compostaje el cual se ejecutó a partir de la guía de compostaje orgánico de la FAO.

Materia prima recolectada:

Se utilizó material orgánico en compostaje como hojarascas secas y verdes, cascara de plátano, cascara de yuca, estiércol de vaca y estiércol caballo. De esta forma se garantiza la estructura física o matriz del compostaje, en donde se garantizó que el tamaño de partícula ya que esta incidió sobre la superficie de contacto entre sustrato-microorganismos y consecuentemente en la cinética del proceso. De manera general se puede decir que cuanto menor sea este, mayor es la actividad biológica y, por lo tanto, la producción de calor.

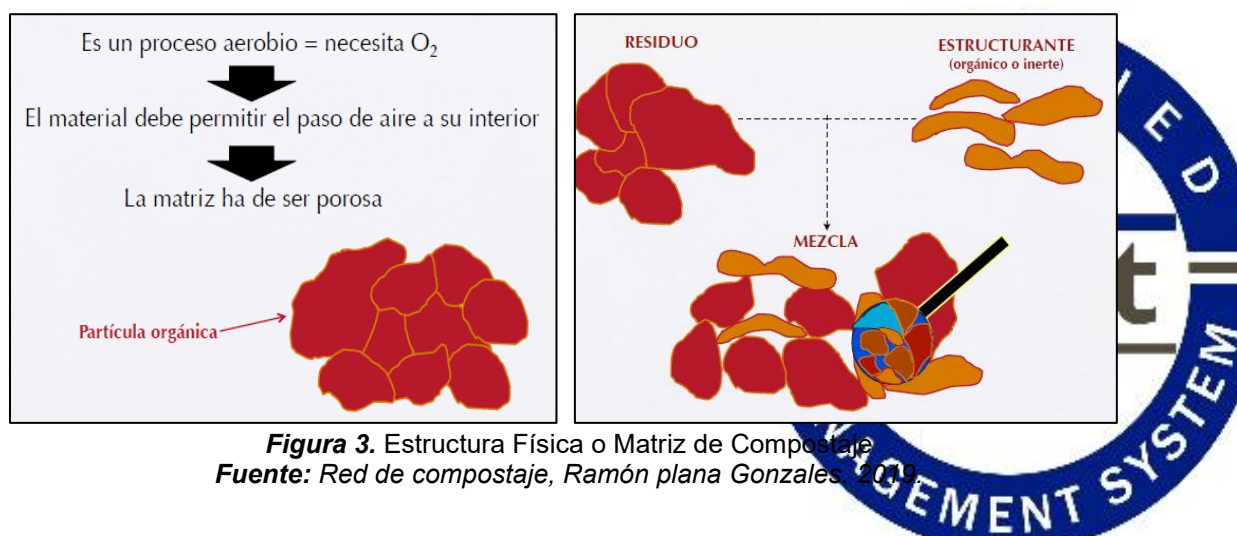


Figura 3. Estructura Física o Matriz de Compostaje
Fuente: Red de compostaje, Ramón plana Gonzales, 2019



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



**Imagen 13. Materia prima recolectada en pila de compostaje.
Fuente: Autores, 2019**

Posteriormente se mantuvieron los parámetros de control inicial en base a la relación de Humedad y Sólidos totales que partió en promedio entre el 40%-60% de la masa total para mantener un promedio de 400 g.Kg^{-1} - 500 g.Kg^{-1} de Sólidos Totales.

El PH adecuado en la mezcla a comportar es de (6-9) esto favorece el inicio del proceso, el PH no es un factor limitante del inicio de proceso, aunque los valores fuera del rango de 6-9 provocan un estrés inicial superable si el resto de condiciones de proceso son las adecuadas.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



Relación C/N: Hay una relación C/N total y una relación C/N “real”, la Disponible para los microorganismos.

Residuo	C/N total	C/N “real”
Papel	124	43
Césped	19	12
Comida	8	6
Hojas	22	6
Ramas	32	6

Tabla 4. Relación Carbono Nitrógeno Total / Real
Fuente: Sánchez, 2007.

Temperatura: En las tres fases del proceso se mantuvieron las siguientes temperaturas:

1. Fase mesófila (T° ambiente a 45°C)
2. Fase termófila (45°C - 65°C)
3. Fase estabilización - maduración (< 45°C).



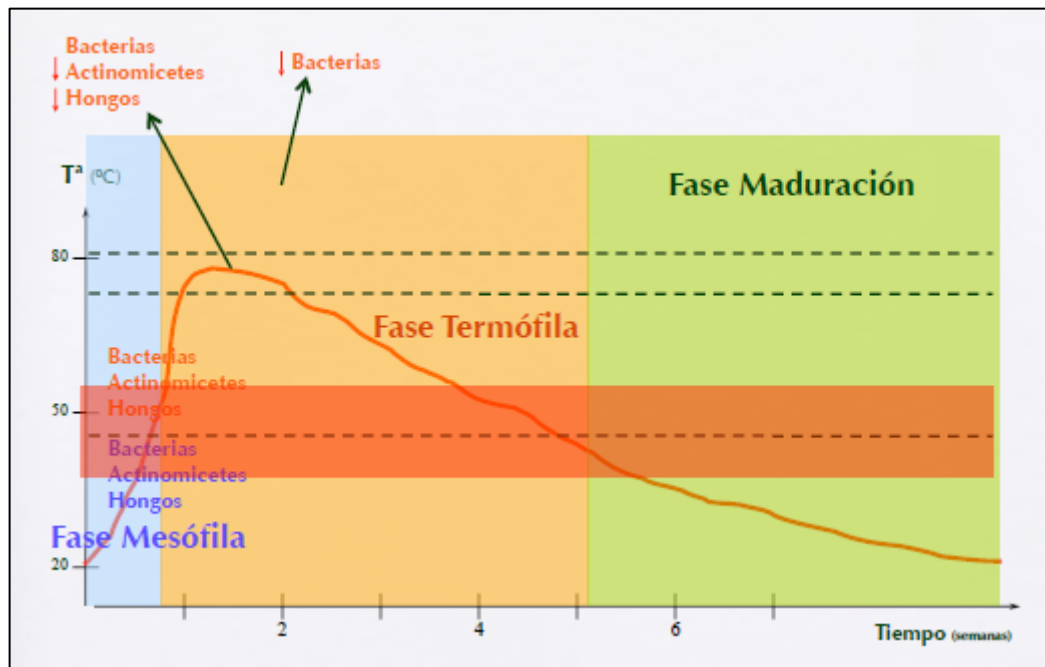


Figura 4. Fases del compostaje en función de tiempo y temperatura
Fuente: Red de compostaje, Ramón plana Gonzales. 2019.

Temperatura e higienización

La eliminación de patógenos depende de la temperatura máxima que se alcance y del tiempo que se mantenga, junto con la presencia de oxígeno al ser preferentemente anaerobios.

- ✓ **Salmonella**, eliminada a temperaturas $> 55^{\circ}\text{C}$
- ✓ **Escherichia coli**, fuerte reducción a temperaturas entre $60 - 65^{\circ}\text{C}$. Las condiciones de proceso son desfavorables para ellas.
- ✓ **Enterococcus**, sensibles a temperaturas entre $58 - 68^{\circ}\text{C}$. Anaerobias facultativas.
- ✓ **Helminthes**, sus huevos se inactivan a temperaturas entre $55^{\circ} - 60^{\circ}\text{C}$ durante varias horas



CO-SC-CER518726





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

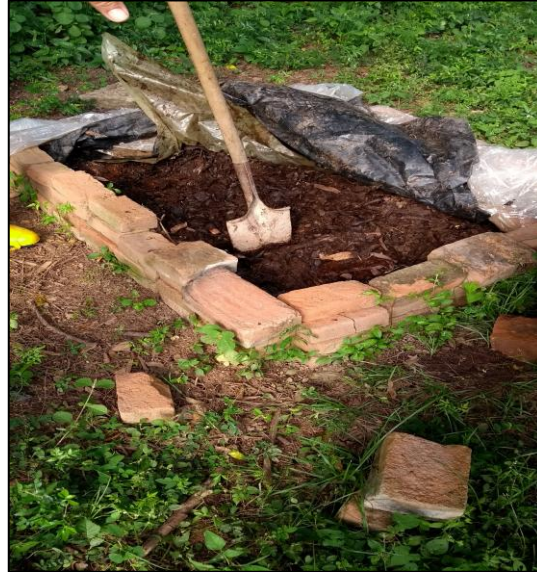


Imagen 14. Materia prima recolectada Compost de fase de maduración
Fuente: Autores, 2019

A su vez, en el proceso de lombricultura se adecuaron camas de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) a partir de 5 Kg con material base, lo que permitió a base de sustrato ampliar la cantidad inicial y alcanzar mayor productividad.



Imagen 15. Materia prima recolectada Adecuación de camas de Lombricultura
Fuente: Autores, 2019



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



Las camas de Lombricultura en relación al compost se basaron en la siguiente relación:

Ciclo reproductivo (aproximadamente 4 veces por año) elevada frecuencia de apareamiento (producen un Cocón cada 7-10 días) longevidad estimada de 15-16 años velocidad en relación de sustrato en volumen de lombricompost. Aproximadamente 80% de la masa del sustrato en lombricompost.

Por ultimo del proceso de lombricompost se realizó la Extracción de lixiviados del lombricompost por destilado de las camas de producción se macero en un periodo de 15 días para la aplicación (humus liquido)



Imagen 16. Materia prima recolectada extracción de Humus Líquido producto de Lixiviado del Lombricompost.

Fuente: Autores, 2019.





IMPLEMENTACIÓN DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS PARA EL PROCESO DE RECUPERACIÓN (LOMBRICOMPOST, COMPOST Y HUMUS LÍQUIDO).

De los procesos anteriores se obtuvieron 3 tecnologías de biofertilizantes orgánicos (Lombricompost, compost y humus líquido). Los cuales se implementan en las parcelas B, AB y A respectivamente, para ajustar las tecnologías acorde a la dosis planteada para recuperación de suelos en base de relación de fertilizantes vs suelo deteriorado el cual se basó en 4000 Kg/Ha según datos utilizados de Lombricultura pachamama 2015.

4000 Kilogramos de Biofertilizante → 10000 Metros Cuadrados

$$x \rightarrow 10 \text{ Metros Cuadrados}$$

$$x = \frac{4000 \text{ Kilogramos de Biofertilizante}}{10000 \text{ Metros Cuadrados}}$$

$x = 4 \text{ Kilogramos de Biofertilizante/Metro Cuadrados}$

En base a lo anterior de definieron las siguientes dosis óptimas para cada parcelamiento según tecnología aplicada.

Tabla 5. Dosificación de Biofertilizantes en el Parcelamiento B

PARCELA B	
Dosificación en Kg	Biofertilizante
4,5	LOMBRICOMPOST B
4,5	COMPOST B
4,5	HUMUS LIQUIDO B
0	BLANCO

Fuente: Autores, 2019.





Tabla 6 Dosificación de Biofertilizantes en el Parcelamiento AB

PARCELA A	
Dosificación en Kg	Biofertilizante
2,5	LOMBRICOMPOST A
2,5	COMPOST A
2,5	HUMUS LIQUIDO A
0	BLANCO

Fuente: Autores, 2019.

Tabla 7. Dosificación de Biofertilizantes en el Parcelamiento A

PARCELA AB	
Dosificación en Kg	Biofertilizante
3,5	LOMBRICOMPOST A
3,5	COMPOST AB
3,5	HUMUS LIQUIDO A
0	BLANCO

Fuente: Autores, 2019.

Las tres dosificaciones se aplicaron a las tres parcelas de estudio y cada parcelamiento se subdivido acorde a la tecnología aplicada como se muestra a continuación en la parcela demostrativa.

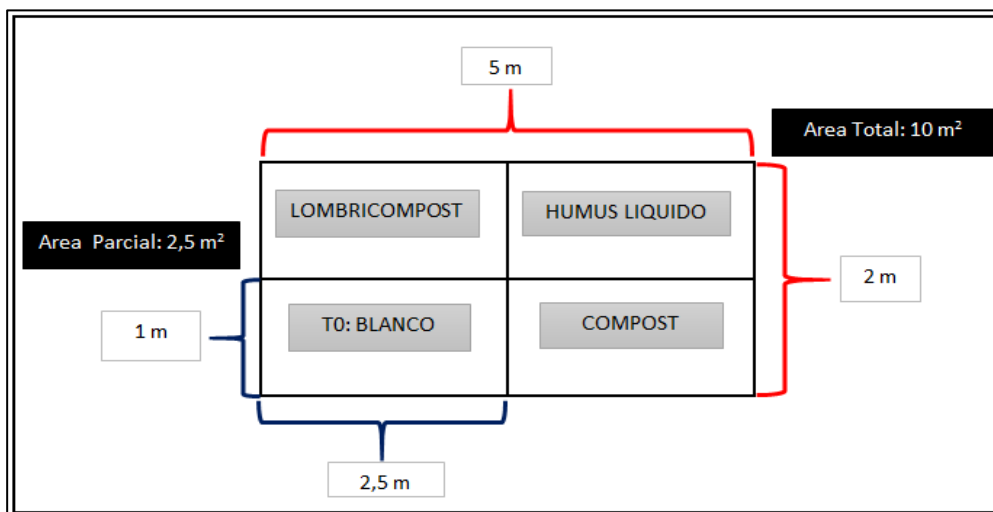


Figura 5. Parcela demostrativa

Fuente: Autores, 2019.





Además en cada una de las parcelas se implementó una subdivisión para cada tecnología aplicada y quedó descrita de la siguiente manera:

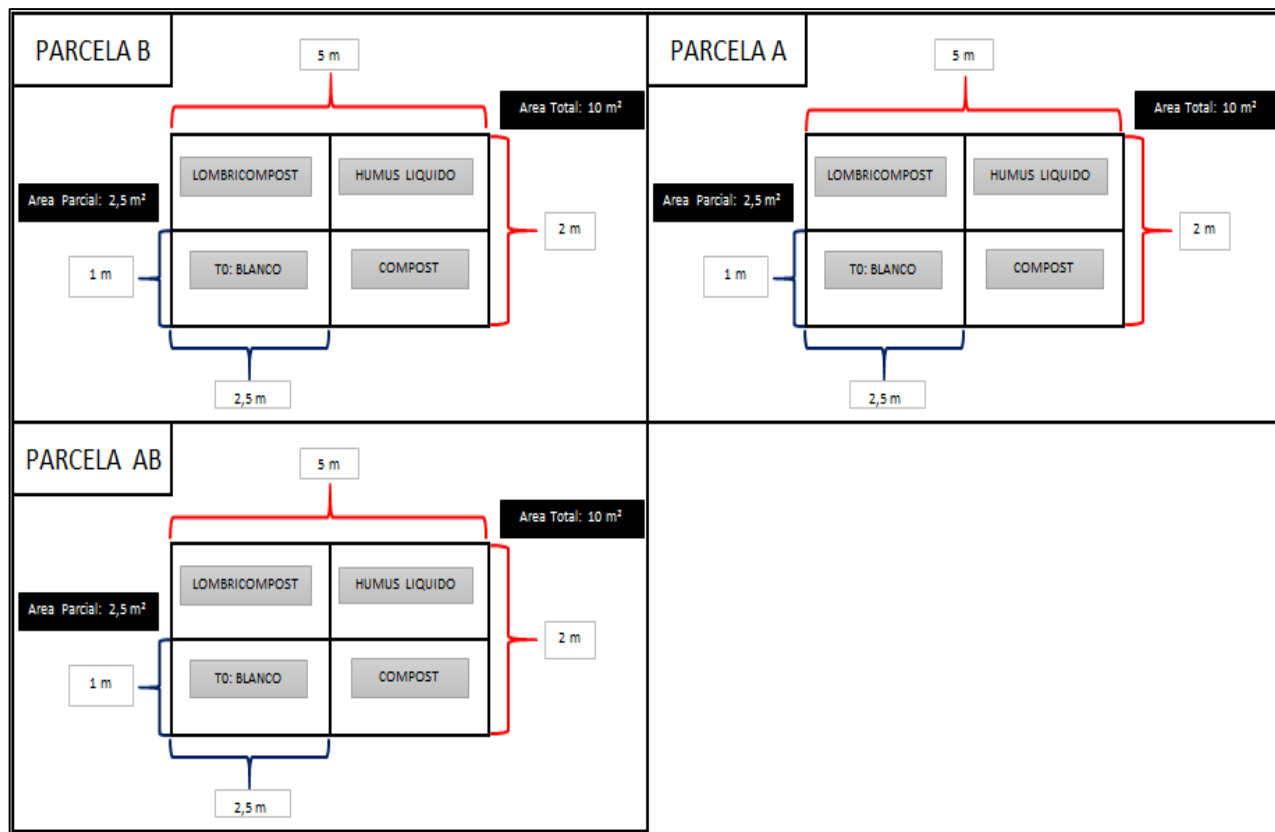


Figura 6. Clasificación divisoria de parcelamientos dosificación y tecnología aplicada
Fuente: Autores, 2019.

Para la implementación de las tecnologías de los biofertilizantes se realizó delimitaciones de las parcelas en estudio, proceso de aireación mecánica (Palin y Pico a nivel superficial), humectación y fijación de tecnología en base a la dosificación planteada





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

Fase de adecuación proceso de aireación mecánica con palin y pico



Imagen 17. Proceso de aireación mecánica a través de palin y pico (Reoxigenación del suelo)

Fuente: Autores, 2019.

En las tres parcelas en cada subdivisión a excepción del blanco se realizó aireación mecánica con palin y pico posteriormente se sometió a humectación y fijación de tecnología biofertilizante orgánico.



Imagen 18. subdivisión en parcelamiento para cada tecnología en tratamiento parcela A

Fuente: Autores, 2019.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129

E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

Una vez aireadas las tres parcelas aplicamos los biofertilizantes obtenidos en los procesos de producción.



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



Imagen 19. Implementación de Biofertilizantes obtenidos en parcelas de estudios según Dosificación estipulada
Fuente: Autores, 2019.



Imagen 20. Parcelamientos B - Imagen 21 . Parcelamiento AB con tecnología implementada
Fuente: Autores, 2019.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co





EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA RECUPERACIÓN DEL SUELO AFECTADO POR LA ACTIVIDAD MINERA.

Se realizó Seguimiento a las parcelas de estudio en evolución de la recuperación en donde la humectación fue constante con periodos intermedios de riego de 3 a 4 días en promedio 20 Lts por tecnología para un promedio mensual 150 Lts en cada parcela por tratamiento. Cabe resaltar que esta dosificación de humedad corresponde a un 100% en épocas de sequía ya que en épocas de lluvia se disminuye en un 60% el riego para evitar saturación del suelo.

Se registraron en bitácora dos estados significativos de crecimiento vegetal que se toma como indicador de cobertura vegetal.

Registro de crecimiento de cobertura vegetal promedio de 1- 5 meses
Tiempo de sequía región norte.



Imagen 22 Seguimiento al Parcelamiento B con tecnología implementada Tiempo de sequía
Fuente: Autores, 2019.



CO-SC-CER518726





Se identifica crecimiento en todas las tecnologías aplicadas a la dosis de 4,5 Kg y riesgo promedio máximo en época de sequía, desde perspectiva visual el lombricompost presenta mayor población y volumen de cobertura vegetal así mismo, se ve mejoramiento de la textura y estructura del suelo mejorando aireación y permeabilidad.



Imagen 23. Seguimiento al Parcelamiento AB con tecnología implementada Tiempo de sequía

Fuente: Autores, 2019.

La parcela A en su dosificación de 3,5 Kg en cada uno de sus tecnologías y humectación promedio al 100% en épocas de sequía en tiempo promedio de 1 a 5 meses, presenta crecimiento en cobertura vegetal este mucho menor que la parcela B y visualmente lombricompost presenta mayor desarrollo en vegetación. La textura y estructura mejora en apariencia.





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



Imagen 24. Seguimiento al Parcelamiento A con tecnología implementada Tiempo de sequía
Fuente: Autores, 2019.

En el parcelamiento A, con una Dosis de 2,5 Kg en cada uno de sus Tecnologías aplicadas presento poco o nulo crecimiento en cobertura vegetal. Así mismo la textura y estructura vista de caracteres visuales permanece constante.

Cabe resaltar que la compactación del suelo es tan significativa que la aeración de material no contraresta las marcas del suelo minero disturbado producto de hornos de quema de ladrillos permanecen visibles.

Las tecnologías para esta parcela que mejor mostraron resultados visibles están humus líquido y compost.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

Registro de crecimiento de cobertura vegetal promedio de 1- 10 meses
Tiempo de invierno región norte.



LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS



Imagen 25. Seguimiento al Parcelamiento B con tecnología implementada Tiempo de Lluvia
Fuente: Autores, 2019

Parcelamiento B (4,5) Kg humectación al 60% promedio mensual.
Recuperación significativa en toda la tecnología usada para la recuperación del suelo.

Se evidencia recuperación de la cobertura vegetal y cambios en la textura y estructura del suelo de carácter visual, cambio respecto al blanco supera expectativa en procesos de restauración de suelo, sin embargo el que presento mayor desarrollo fue el lombricompost seguido por el compost y posteriormente humus líquido.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



*Imagen 26. Seguimiento al Parcelamiento AB con tecnología implementada Tiempo de Lluvia
Fuente: Autores, 2019*

Parcelamiento AB (3,5) Kg humectación al 60% promedio mensual. Recuperación significativa en toda la tecnología usada para la recuperación del suelo. Esta menor que la recuperación de la cobertura vegetal de la parcela B se notan cambios en la textura y estructura del suelo de carácter visual, cambio respecto al blanco en procesos de restauración de suelo; sin embargo al igual que la parcela B el que presentó mayor desarrollo fue el lombricompost seguido por el compost y posteriormente humus líquido.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



*Imagen 27. Seguimiento al Parcelamiento A con tecnología implementada Tiempo de Lluvia
Fuente: Autores, 2019*

Parcelamiento A (2,5) Kg humectación al 60% promedio mensual. Recuperación pobre en casi todas las tecnologías usadas para la recuperación del suelo. La cobertura vegetal de la parcela A se notan cambios muy leves en la textura y estructura del suelo de carácter visual, cambios mínimos respecto al blanco en procesos de restauración de suelo, presenta mayor crecimiento vegetal en humus líquido.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

**ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS POST A LA IMPLEMENTACIÓN DE
TECNOLOGÍAS.**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



Imagen 28. Toma de muestras en parcelamiento B para análisis físico químico post a las tecnologías implementadas

Fuente: Autores, 2019

Se procede a realizar toma de muestras acorde al procedimiento estipulado por el laboratorio de suelos del IGAC para respectivos análisis, visualmente se denota diferencia en color textura y estructura entre el blanco y las demás tecnologías aplicadas en cada parcelamiento.



Imagen 29. Diferencia visual entre tecnologías aplicadas en la parcela B

Fuente: Autores, 2019



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



Imagen 30. Muestreo post a las tecnologías aplicadas y Diferencia visual entre tecnologías aplicadas en la parcela AB

Fuente: Autores, 2019.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217

EXT. 1129

E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



Eficiencia en la recuperación de la calidad del suelo disturbado en base a la fertilidad vs línea base del diagnóstico obtenido Se realizó Análisis de los Microelementos, CIC, P, CO, CE Post a la implementación y desarrollo de las tecnologías.

Tabla 8. Análisis de los Microelementos, CIC, P, CO, CE Post a la implementación y desarrollo de las tecnologías

IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	Mn	Fe	Zn	Cu	B	NITROGENO TOTAL %	CIC	FÓSFORO mg/Kg	CARBONO ORGANICO %	CE(ds/m)
BLANCO	31,96	8,24	0,69	1,46	0,23	0,08%	11,710	62,52	0,66%	0,9
LOMBRICOMPOST A	11,03	9,27	0,68	1,3	0,13	0,07%	10,332	56,17	0,61%	0,1
LOMBRICOMPOST AB	13,59	10,39	1,83	1,56	0,4	0,20%	14,29	92,22	1,39%	0,18
LOMBRICOMPOST B	15,85	11,49	2,95	1,8	0,62	0,30%	18,248	128,22	2,17%	0,39
COMPOST A	7,9	6,07	0,77	1,13	0,15	0,09%	10,983	47,29	0,66%	0,09
COMPOST AB	13,51	7,92	1,48	1,63	0,46	0,18%	14,61	69,65	1,19%	0,34
COMPOST B	19,12	9,74	2,19	1,87	0,74	0,24%	18,206	92,01	1,72%	0,56
HUMUS LIQ A	11,08	8,93	0,68	1,36	0,13	0,08%	11,804	50,52	0,59%	0,09
HUMUS LIQ AB	19,9	13,64	1	1,78	0,25	0,13%	14,06	49,4	0,95%	0,11
HUMUS LIQ B	28,72	18,3	1,32	2,2	0,37	0,18%	16,320	48,26	1,31%	0,11

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS

Tabla 9. Análisis de .pH y % de Humedad Post a la implementación y desarrollo de las tecnologías

IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	Peso Humedo (gr)	Peso Seco (gr)	Volumen suelo (Cm3)	pH	Densidad Aparente (gr/Cm3)	Densidad Real (gr/Cm3)	% Humedad
BLANCO	100	96	24	6,33	4,2	8,33	4%
LOMBRICOMPOST A	100	80	58	7,12	1,78	3,45	20%
LOMBRICOMPOST AB	100	86	52	7,36	1,975	3,9	14%
LOMBRICOMPOST B	100	92	46	7,6	2,17	4,35	8%
COMPOST A	100	95	44	7,74	2,27	4,55	5%
COMPOST AB	100	94,5	34	7,465	3,215	6,44	6%
COMPOST B	100	94	24	7,19	4,16	8,33	6%
HUMUS LIQ A	100	85	51	7,4	1,96	3,92	15%
HUMUS LIQ AB	100	87,5	36	7,375	3,36	6,72	13%
HUMUS LIQ B	100	90	21	7,35	4,76	9,52	10%

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos (CAC 2019).



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co

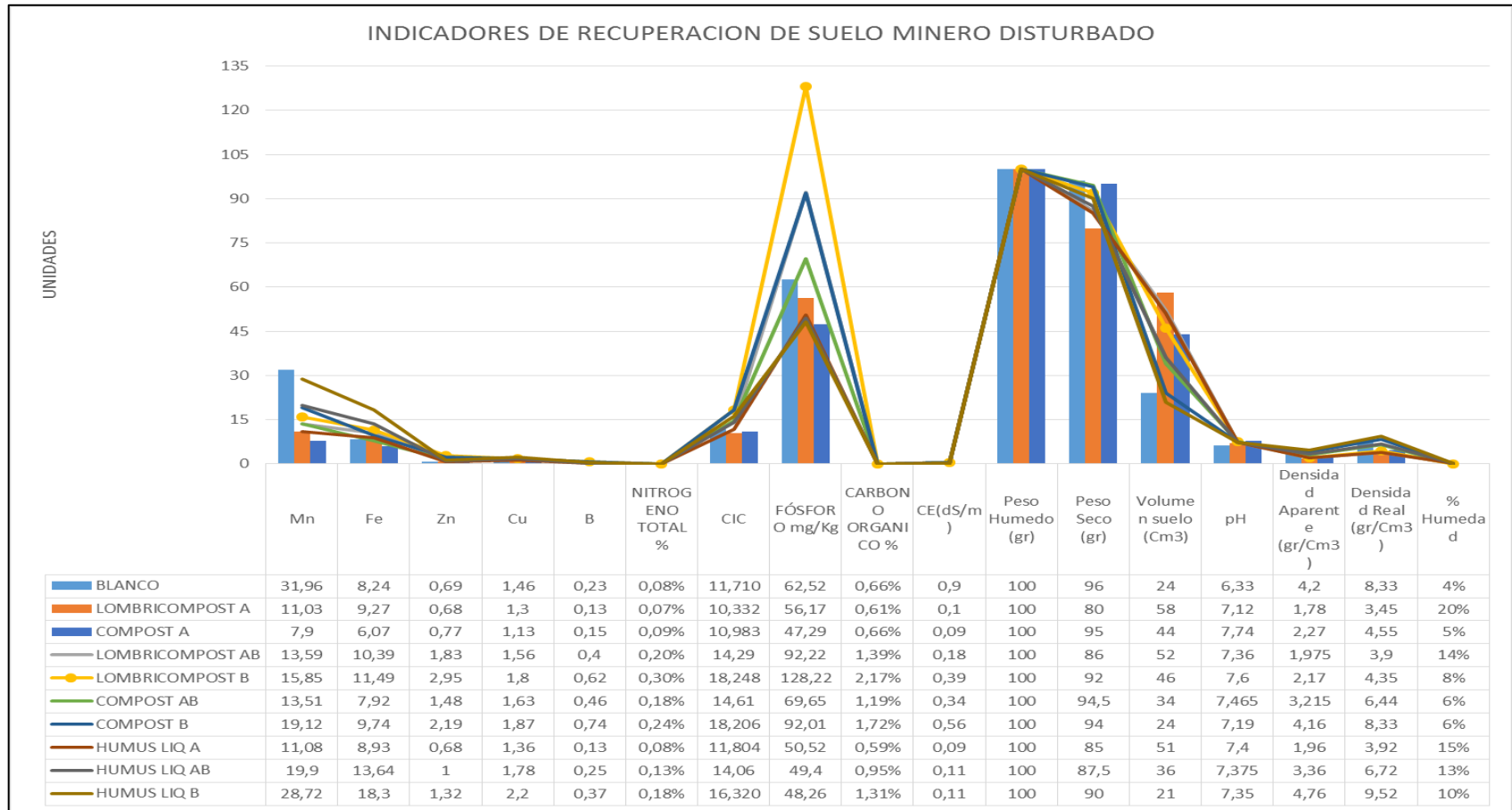


Grafico 3 Indicadores de recuperación del suelo disturbado

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.



CO-SC-CER518726





De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos afirmar que, si existe un mejoramiento de las condiciones iniciales del suelo y que la recuperación de este desde perspectiva físico química como visual entra en referencia a las necesidades de recuperación del mismo, por tanto, es necesario evaluar cada parámetro de carácter independiente en base a los rangos estipulados para los suelos estudiados.

Análisis específicos de micronutrientes. En el Suelo minero disturbado en proceso de recuperación

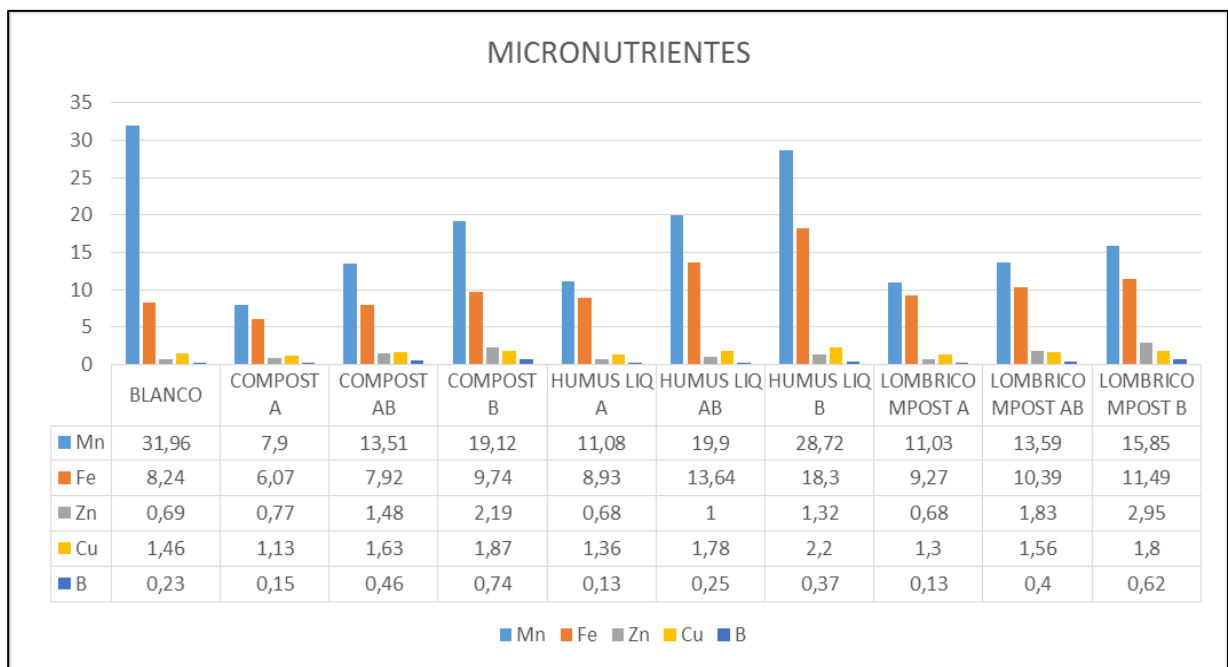


Grafico 4. Resultados de laboratorio de suelos post a las tecnologías aplicadas
Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019

Realizando el análisis específico por micronutriente determinamos que si existe un mejoramiento de carácter independiente por tecnología y parcelamiento estudiado como es la disminución al rango óptimo descrita por





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS

el IGAC los cuales en elementos menores como el Mn esta entre (15-30) Mg Kg⁻¹ y para nuestros resultados el más efectivo acorde al promedio general dado fue Humus Liquido AB con una proporción de 19,9 Mg. Kg⁻¹. Aunque visualmente en cobertura vegetal la parcela B es mucho más significativa. Ahora bien, en términos de Fe su rango optimo en el suelo está comprendido entre (20-30) Mg Kg⁻¹ siendo promedio general de los resultados obtenidos el Humus Liquido AB 13,64 Mg. Kg⁻¹. Visualmente mayor significancia en B.

En términos de proporción al Zn su rango es de (3-6) Mg Kg⁻¹ cuyos resultados significativos fue el Lombricompost B con un valor de 2,95 Mg. Kg⁻¹. Se confirma equidad visual.

Para el Cu el rango descrito por el Laboratorio de suelos del IGAC está comprendido entre (1,5 - 3) Mg Kg⁻¹ para nuestro estudio presento mayor resultado el Humus Liquido B con una concentración de 2,2 Mg. Kg⁻¹. Se confirma Estado visual.

En el B la concentración optima está entre (0,6 – 1,0) Mg Kg⁻¹. Resultado que el Compost B mantiene relevancia con una concentración de 0,74 Mg. Kg⁻¹. Se confirma Estado visual.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



Variación en el % Nitrógeno Total y CIC en el Suelo minero disturbado en proceso de recuperación

Tabla 10. Resultados del % de Nitrógeno Total y CIC

IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	NITROGENO TOTAL %	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	CIC
BLANCO	0,0837	BLANCO	11,710
COMPOST A	0,0907	COMPOST A	10,983
COMPOST AB	0,18	COMPOST AB	14,61
COMPOST B	0,2444	COMPOST B	18,206
HUMUS LIQ A	0,0826	HUMUS LIQ A	11,804
HUMUS LIQ AB	0,13	HUMUS LIQ AB	14,06
HUMUS LIQ B	0,1756	HUMUS LIQ B	16,320
LOMBRICOMPOST A	0,072	LOMBRICOMPOST A	10,332
LOMBRICOMPOST AB	0,2	LOMBRICOMPOST AB	14,29
LOMBRICOMPOST B	0,3038	LOMBRICOMPOST B	18,248

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.

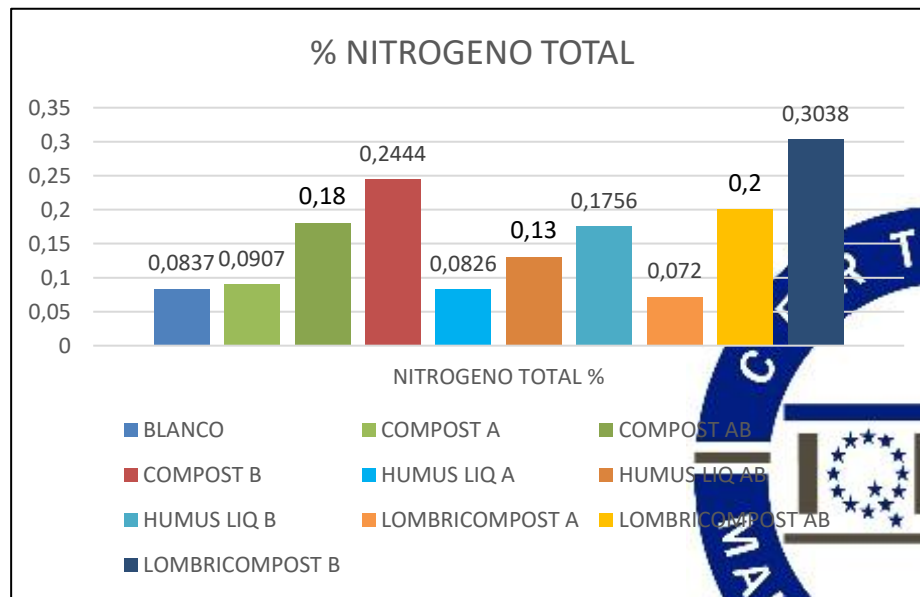


Gráfico 5. Variación del % Nitrógeno Total en el proceso de recuperación de suelos mineros disturbados

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019



CO-SC-CER518726





En términos de % Nitrógeno Total existe un mejoramiento muy significativo del Blanco Inicial respecto a los tratamientos realizados las dosis optimas según el IGAC están en concentraciones de % < 0,1 Bajo, % 0,16 – 0,30 Medio, % > 0,30 Alto. Resultados que en relevancia del estudio sobresale el Compost B con un % N Total = 0,2444 una clasificación Media Ideal, posteriormente en concentraciones Altas tenemos al Lombricompost B con un % de N Total = 0,3038. Ambos coinciden con mejoramiento visual en parcela B.

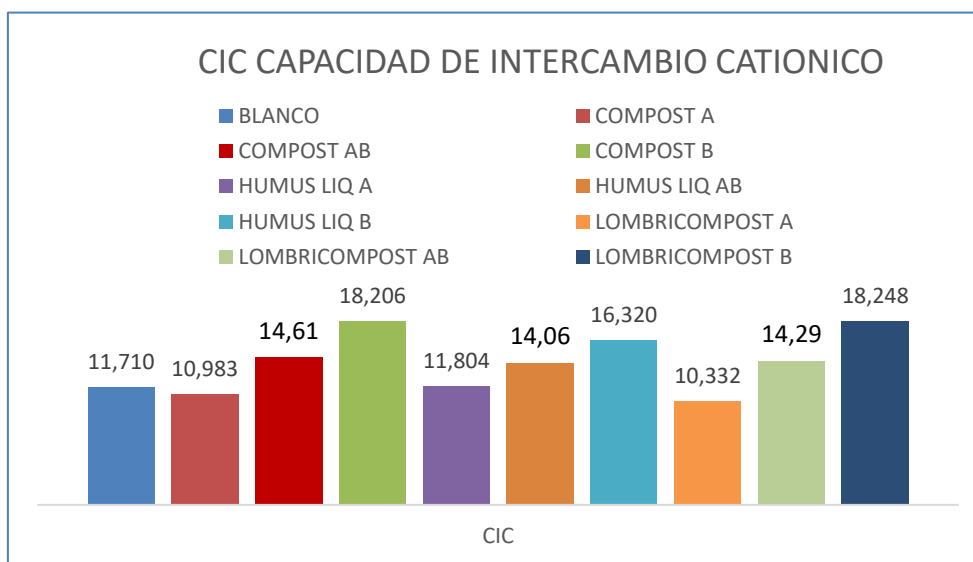


Grafico 6. Variación de la CIC en el proceso de recuperación de suelos mineros disturbados
Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.

En términos de CIC también existe un mejoramiento muy significativo del Blanco Inicial respecto a los tratamientos realizados las dosis optimas según el IGAC están en concentraciones < 10 c mol (+) Kg⁻¹ Bajo, 10 – 20 10 c mol (+) Kg⁻¹ Medio, > 20 c mol (+) Kg⁻¹ Alto. Cuyos resultados denotan al Compost AB en concentraciones optimas media en 14, 61 c mol (+) Kg⁻¹ y en





términos visuales en relación a su concentración Lombricompost B 18,248 c mol (+) Kg⁻¹

Variación en el Fosforo P y Carbono Orgánico C.O en el Suelo minero disturbado en proceso de recuperación

Tabla 11. Resultados de la Concentración de P fosforo y % de C.O Carbono Orgánico

IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	FÓSFORO mg/Kg	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	CARBONO ORGANICO %
BLANCO	62,52	BLANCO	0,66
COMPOST A	47,29	COMPOST A	0,66
COMPOST AB	69,65	COMPOST AB	1,19
COMPOST B	92,01	COMPOST B	1,72
HUMUS LIQ A	50,52	HUMUS LIQ A	0,59
HUMUS LIQ AB	49,4	HUMUS LIQ AB	0,95
HUMUS LIQ B	48,26	HUMUS LIQ B	1,31
LOMBRICOMPOST A	56,17	LOMBRICOMPOST A	0,61
LOMBRICOMPOST AB	92,22	LOMBRICOMPOST AB	1,39
LOMBRICOMPOST B	128,22	LOMBRICOMPOST B	2,17

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.

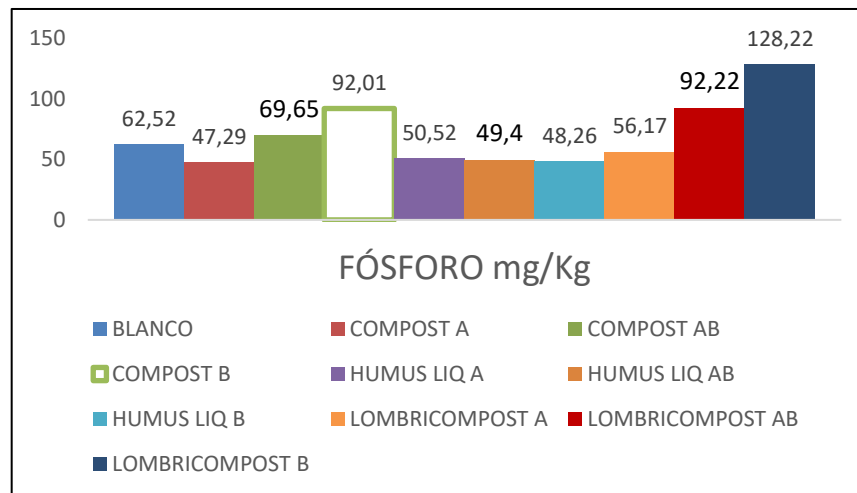


Grafico 7. Variación del P Fosforo en el proceso de recuperación de suelos mineros disturbados

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019



CO-SC-CER518726





El rango óptimo descrita por el IGAC para el Fosforo P es de (15-40) Mg Kg⁻¹ y para nuestros resultados el más efectivo acorde al promedio general dado fue Compost A con una proporción de 47,29 Mg. Kg⁻¹ valor sobre excedido al límite óptimo, los demás tratamientos se exceden en concentración de fosforo dado que hay mayor aporte de biofertilizante a diferencia de los 2,5 Kg de la parcela A

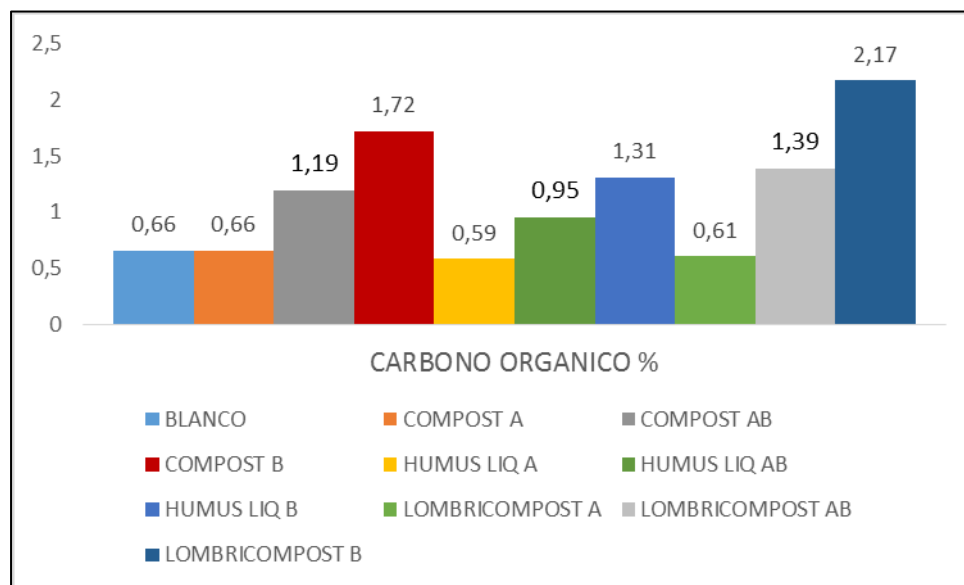


Grafico 8. Variación del C.O Carbono orgánico el proceso de recuperación de suelos mineros disturbados

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.

En términos de % C.O Carbono Orgánico el rango óptimo de clasificación de suelos en el IGAC es de (1,2 % -2,3 %) valor que para nuestros resultados el más aceptable es Compost B con un 1,72 % C.O, aunque visualmente el lombricompost B con una concentración de 2,17 % C.O visualmente muestra mejores resultados confirmando la parcela B en significancia





**Variación de la Conductividad Eléctrica CE. en el Suelo minero
disturbado en proceso de recuperación**

Tabla 12. Resultados de la C.E Conductividad Eléctrica

IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	CE(dS/m)
BLANCO	0,9
COMPOST A	0,09
COMPOST AB	0,34
COMPOST B	0,56
HUMUS LIQ A	0,09
HUMUS LIQ AB	0,11
HUMUS LIQ B	0,11
LOMBRICOMPOST A	0,1
LOMBRICOMPOST AB	0,18
LOMBRICOMPOST B	0,39

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.

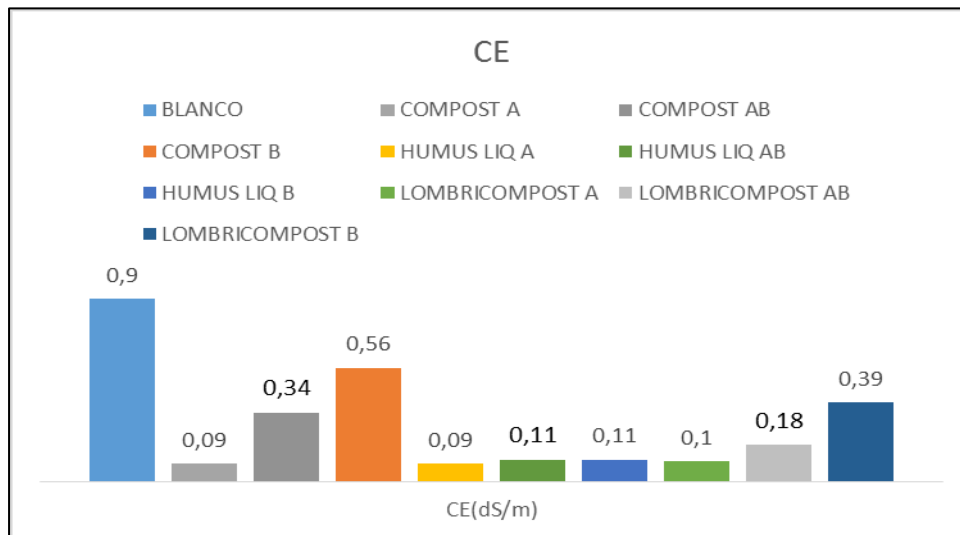


Grafico 9. Variación de la C.E Conductividad Eléctrica en el proceso de recuperación de suelos mineros disturbados

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.





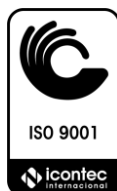
En relación a la C.E se evidencia una disminución en las tecnologías a nivel general situación que da relación al lavado de los suelos en relación a su salinidad no obstante el valor normal está comprendido entre (0 -2) dS/m lo que significa que el suelo está sin problemas en general limitante para cultivos susceptibles en relación a Sales de Sodio Na. No se recomienda superar este rango ya que presentaría limitantes en cultivos

Correlación lineal en base a kilogramos de Biofertilizante o tecnología aplicada vs Microelementos del Suelo minero disturbado en proceso de recuperación de su fertilidad

Tabla 13. Correlación lineal en base a kilogramos de Biofertilizante o tecnología aplicada vs Microelementos del Suelo minero disturbado en proceso de recuperación de su fertilidad

KILOGRAMOS DE BIOFERTILIZANTE	PARCELA	Mn	Fe	Zn	Cu	B
2,5	LOMBRICOMPOST A	11,03	9,27	0,68	1,3	0,13
3,5	LOMBRICOMPOST AB	13,17	10,26	1,69	1,52	0,35
4,5	LOMBRICOMPOST B	15,85	11,49	2,95	1,8	0,62
KILOGRAMOS DE BIOFERTILIZANTE	PARCELA	Mn	Fe	Zn	Cu	B
2,5	COMPOST A	7,9	6,07	0,77	1,13	0,15
3,5	COMPOST AB	13,51	7,905	1,48	1,5	0,445
4,5	COMPOST B	19,12	9,74	2,19	1,87	0,74
KILOGRAMOS DE BIOFERTILIZANTE	PARCELA	Mn	Fe	Zn	Cu	B
2,5	HUMUS LIQ A	11,08	8,93	0,68	1,36	0,13
3,5	HUMUS LIQ AB	19,9	13,615	1	1,78	0,25
4,5	HUMUS LIQ B	28,72	18,3	1,32	2,2	0,37

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico-químicos IGAC 2019.





En base a lo anterior realizamos la siguiente correlación lineal

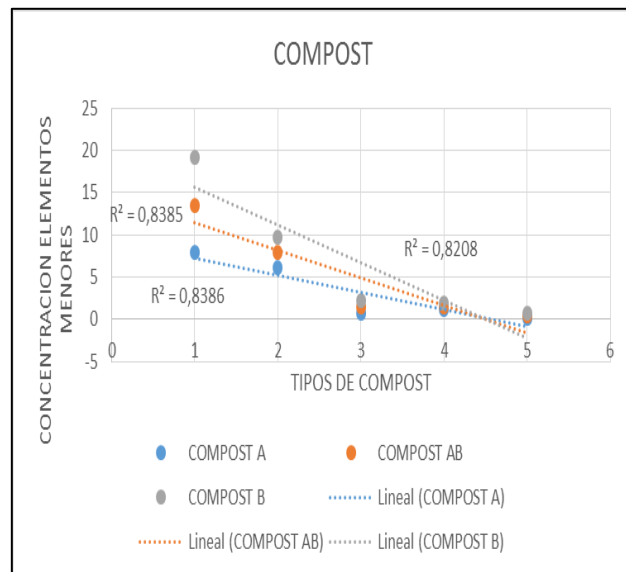
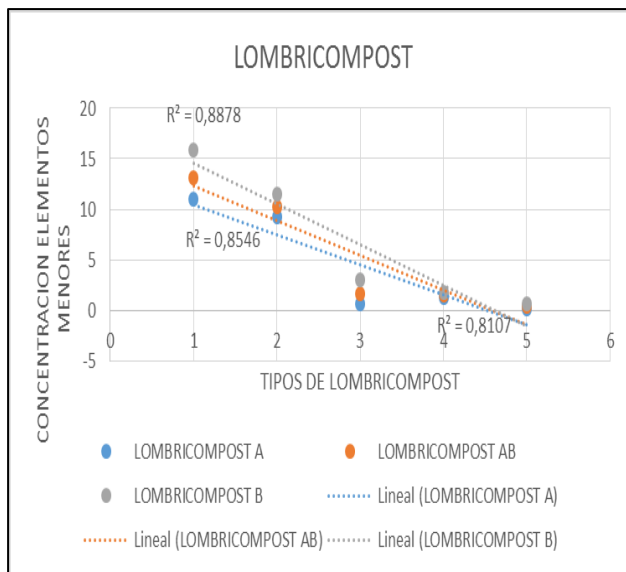


Grafico 10. Correlación lineal en los procesos de Lombricompost en relación Concentración VS Recuperación de elementos menores - Grafico 11. Correlación lineal en los procesos de compost en relación Concentración VS Recuperación de elementos menores

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.

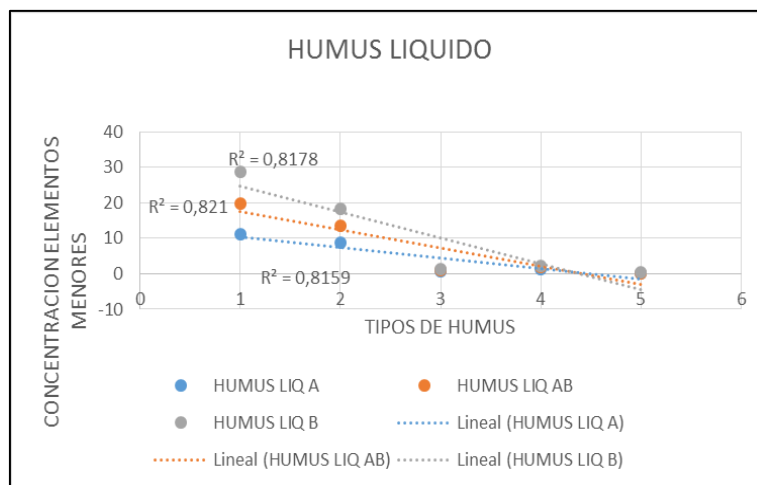
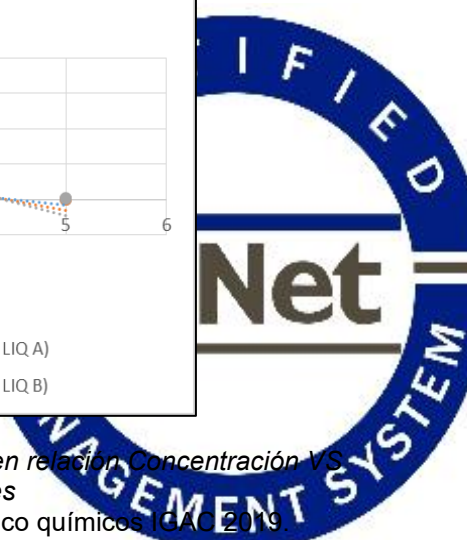


Grafico 12. Correlación lineal en el Proceso de Humus Liquido en relación Concentración VS Recuperación de elementos menores

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.





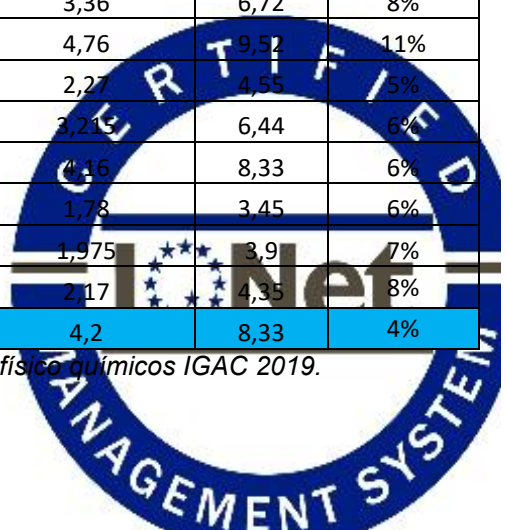
Analizando las tres graficas anteriores podemos inferir que si existe una relación lineal en cuanto a la masa de biofertilizante en relación a la recuperación del suelo en términos de elementos menores esenciales para un suelo productivo siendo la parcela B la que mayor significancia presento sobre las otras parcelas aunque todas mejoraron el suelo disturbado por la actividad minera respecto al blanco inicial. Se presenta una correlación con un $R^2= 0,8178$ para HUMUS LIQUIDO es decir una linealidad aproximada de 82 % de eficiencia en relación Masa Vs Recuperación, un valor medio de $R^2= 0,8385$ para COMPOST lo que equivale a un 84% de eficacia en relación Masa Vs Recuperación y un máximo de $R^2= 0,8878$ para LOMBRICOMPOST es decir una linealidad aproximada de 90 % de Eficiencia en relación Masa Vs Recuperación.

Variación de los parámetros físicos en el Suelo minero disturbado en proceso de recuperación

Tabla 14. Variación de los parámetros físicos en el suelo disturbado en recuperación

Biofertilizante	Peso Humedo (gr)	Peso Seco (gr)	Volumen suelo (Cm3)	pH	Densidad Aparente (gr/Cm3)	Densidad Real (gr/Cm3)	% Humedad
Humus liquido A	100	95	51	7,4	1,96	3,92	5%
Humus liquido AB	100	92	36	7,375	3,36	6,72	8%
Humus liquido B	100	89	21	7,35	4,76	9,52	11%
Compost A	100	95	44	7,74	2,27	4,55	5%
Compost AB	100	94,5	34	7,465	3,215	6,44	6%
Compost B	100	94	24	7,19	4,16	8,33	6%
Lombricompost A	100	94	58	7,12	1,78	3,45	6%
Lombricompost AB	100	93	52	7,36	1,975	3,9	7%
Lombricompost B	100	92	46	7,6	2,17	4,35	8%
Blanco	100	96	24	6,33	4,2	8,33	4%

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químico IGAC 2019.



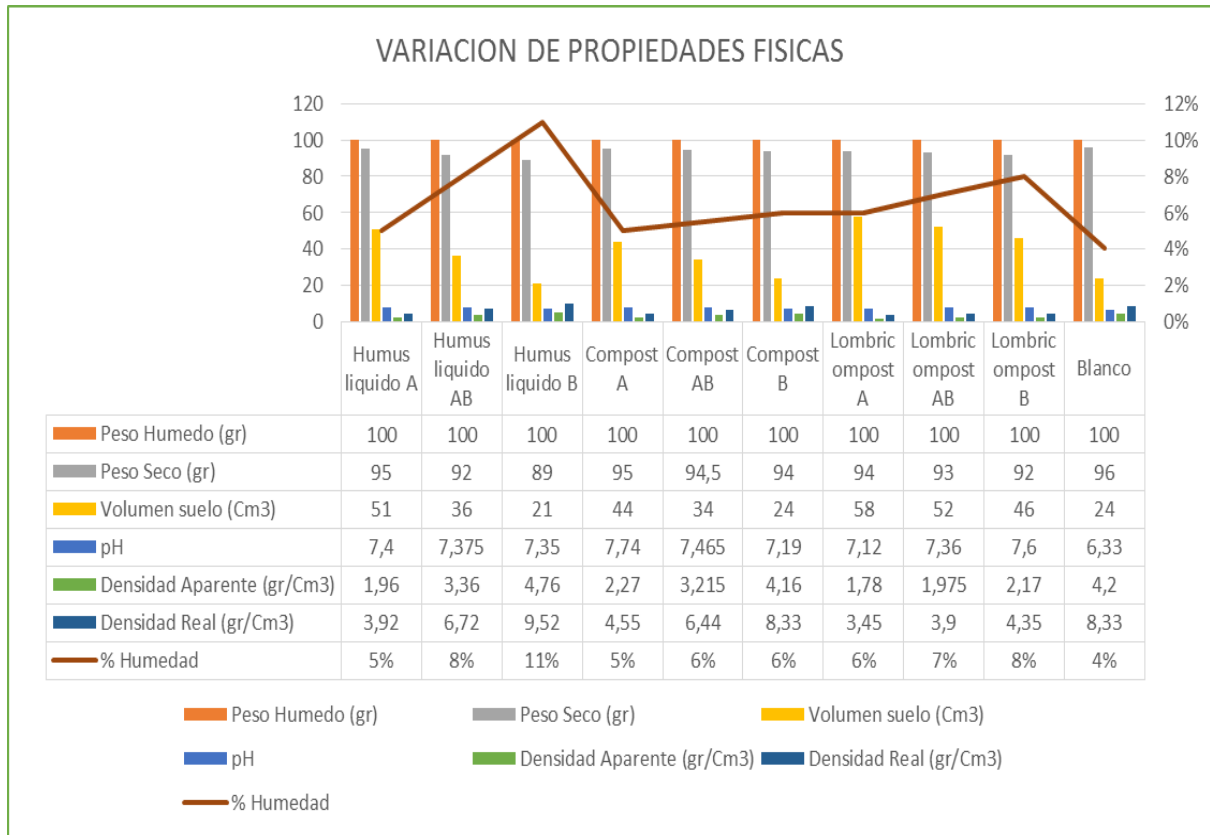


Grafico 13. Variación de las propiedades Físicas del suelo
Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.

Para determinar un análisis específico necesitamos interpretar dos parámetros de control con impacto significativos entre los cuales son el % de Humedad y el pH del suelo respecto al blanco inicial y su tecnología aplicada en los parcelamientos.



CO-SC-CER518726



De los siguientes datos obtenidos en laboratorio de los análisis del suelo se obtuvieron las gráficas a continuación.

Variación del % de Humedad en el Suelo minero disturbado en proceso de recuperación

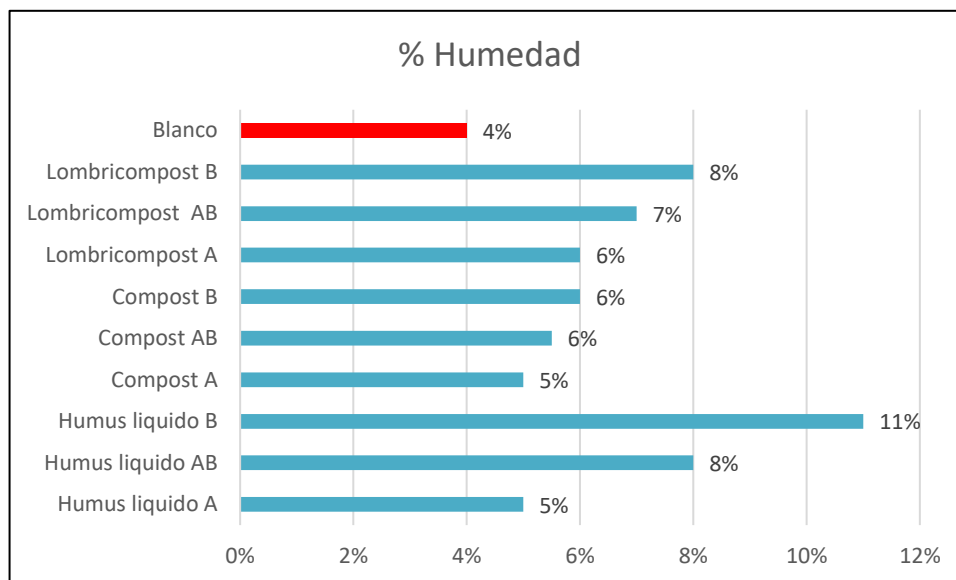


Grafico 14. Variación del % de humedad Respecto al Blanco inicial

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.

La humedad juega un papel clave para la recuperación de cualquier suelo en cualquier estado que se encuentre se logró mantener en periodos de sequía y lluvia respecto al blanco un promedio de mejora en promedio del 275% pasando de 4% a 11% de humedad siendo significativo el humus liquido B, posteriormente le siguen con un 8% de humedad humus líquida AB y Lombricompost B



CO-SC-CER518726



Variación del pH en el Suelo minero disturbado en proceso de recuperación

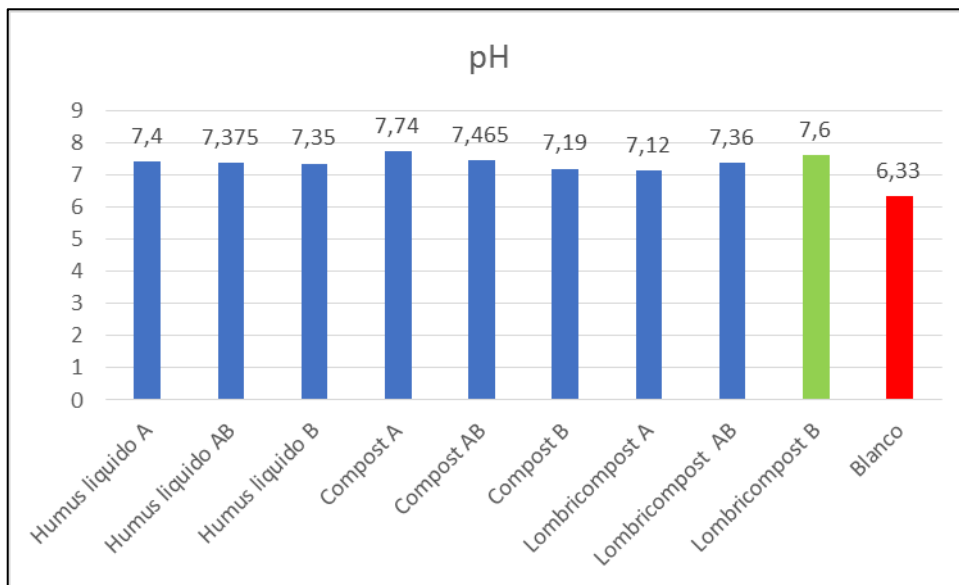


Grafico 15. Variación del .pH Respecto al Blanco inicial.

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.

De acuerdo al Diagnóstico inicial del suelo minero disturbado el Blanco Inicial posee un .pH de 6,33 que según la tabla de interpretación de parámetros físico químicos del IGAC para calidad de suelo es ligeramente ácido ya que su valor esta entre el rango de (6,1 – 6,5) cabe resaltar que todos los tratamientos tuvieron variación en el .pH lo que oscilo entre Neutro y ligeramente alcalino.





Variación de la clase Textural en suelos mineros disturbados.

Tabla 15. Resultados de la clase Textural de los suelos en recuperación

IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	GRAVAS (%)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	CLASE TEXTURAL
LOMBRICOMPOST A	0,0	41,4	39,5	19,1	F
LOMBRICOMPOST B	0,0	40,8	34,0	25,2	F
COMPOST A	0,0	41,4	37,6	21	F
COMPOST B	0,0	34,7	36,8	28,5	F Ar
HUMUS LIQ A	0,0	41,4	37,6	21	F
HUMUS LIQ B	0,0	28,1	43,4	28,5	F Ar
COMPOST AB	0,0	38,05	37,2	24,75	F
HUMUS LIQ AB	0,0	34,75	40,5	24,75	F Ar
LOMBRICOMPOST AB	0,0	41,1	36,75	22,15	F
BLANCO	0,0	27,4	22,4	50,2	Ar

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.

Del anterior se denota que la distribución de la clase Textural se determina de la siguiente manera

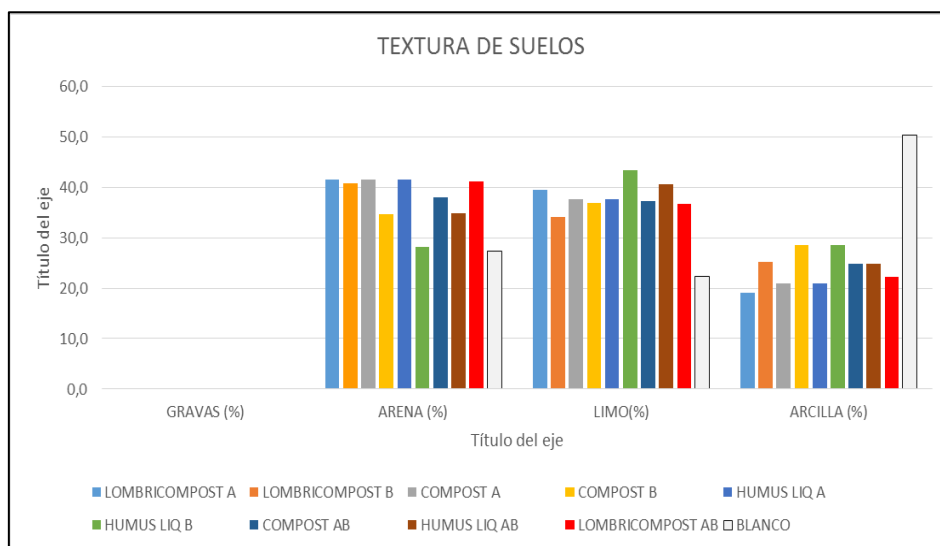


Grafico 16. Variación en la clase Textural Respecto al Blanco inicial.

Fuente: Autores, datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

Al igual que los parámetros anteriores analizados se comprobó una mejora en la clase textural de las parcelas y cada tecnología aplicada que según el laboratorio de calidad de Suelos del IGAC manifiesta que la variación de la clase paso de una Arcillosa a un Franca y Franca Arcillosa lo que Relación parámetros de humedad en términos de permeabilidad.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



7. CONCLUSIONES

De acuerdo al Diagnóstico Inicial de las áreas de estudio, se reconoció a simple vista aspectos e impactos ambientales negativos de carácter significativo y pasivos ambientales como el deterioro, desertificación y compactación del componente suelo, afectaciones del mismo por la actividad económica que se desempeña y las tareas como explotación, extracción, fabricación y quema del material arcilloso, lo anterior manifestó una intención ecológica e ingenieril en donde se ratificó lo anterior realizando los análisis de los parámetros como microelemento o elementos menores, pH, Textura, CE, CO entre otros del suelo disturbado de la Mina el Cielo, de esta manera comprobó la falta de nutrientes, Pérdida de Estructura donde los horizontes del suelo se encuentran compactados y pobres en materia orgánica en base a su $\%C.O=0,66$, la Textura Arcillosa y poco permeable, un $pH= 6,3$ ligeramente ácido y una humedad del 4%. Respecto al Blanco Inicial. Lo anterior hace el punto de partida en la implementación de procesos de restauración de suelos.

Se definió la producción de Biofertilizantes (lombricultura, compost, lombricompost y humus líquido) para su aplicación. Todos estos biofertilizantes se transformaron a partir de materia prima recolectada en donde se utilizó material orgánico en compostaje como hojarasca seca y verdes, cascara de plátano, cascara de yuca, estiércol de vaca y estiércol de caballo. De esta forma se garantiza la estructura física o matriz del compostaje, en donde se el tamaño de partícula predomina, ya que esta incidió sobre la superficie de contacto entre sustrato-microorganismos y consecuentemente en la cinética del proceso. De manera general se puede decir que cuanto menor sea este, mayor es la actividad biológica y por lo





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

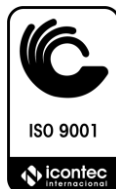


**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

tanto, la producción de calor. Se garantizó los parámetros de control en la temperatura de sus tres fases y la temperatura de higienización, el PH adecuado en la mezcla fue de (6-9) esto favorece el inicio del proceso, el PH no es un factor limitante del inicio de proceso, aunque los valores fuera del rango de (6-9) provocan un estrés inicial superable si el resto de condiciones de proceso son las adecuadas, la Humedad y Solidos totales se partió de la relación promedio según la guía de compostaje en base húmeda en promedio entre el 40%-60% de la masa total para mantener un promedio de 400 g.Kg⁻¹-500 g.Kg⁻¹ de Solidos, todo lo anterior para obtener una calidad de compostaje ideal según lo ejecutado acorde a procedimientos y manuales específicos como lo son el manual del compostaje de la FAO, la guía de la Red del Compostaje.

La producción de lombricompost, parte inicialmente por procesos de lombricultura en relación a su reproducción iniciando con 5 Kg de material con lombrices Rojas Californianas (*Eisenia foetida*) finiquitando con 10 camas de lombricompost en relación se obtuvo el 80% de la masa del sustrato como material lombricompuesto. Así mismo, la recolección de lixiviados saturados del proceso en un periodo de 15 días macerado dio pie a la calidad del Humus líquido el cual se obtuvo por decantación de las camas de compost.

Al Implementar los productos obtenidos para el proceso de recuperación se confirma una dosis optima de biofertilizante por tecnología aplicada en cada uno de los parcelamientos, en donde la relación de recuperación de 4000 Kg de biofertilizantes / Ha varió en el comportamiento del suelo, que enfatizo desde la implementación para este caso de 4,5 Kg parcela B, 3,5 Kg BA y 2,5 Kg en la parcela A, respectivamente en cada tecnología se mantuvo la



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

humedad del 100% en épocas de sequía y en promedio un 60 % en épocas de lluvia en garantizando un promedio general 150 Lts/mes

Evaluando la eficiencia en la recuperación del suelo disturbado se confirma una restauración en todas las parcelas en relación al diagnóstico inicial de la calidad del suelo disturbado haciendo énfasis en el mejoramiento de la fertilidad, microelementos o elementos menores, ph, CO, CE y Textura, siendo la parcela B la más significativa en términos de recuperación general en tecnologías como lombricompost y compost humus líquido, precedida de las tecnologías de la parcela AB; el parcelamiento que menor significancia presento fue la parcela A cuya dosis fue la más baja 2,5 Kg y base a esto se confirman correlaciones lineales para el mejoramiento de los parámetros estudiados obteniendo un $R^2= 0,8878$ para LOMBRICOMPOST es decir una linealidad aproximada de 90 % de Eficiencia en relación Masa Vs Recuperación.

Parámetros Físicos mejorados en términos de Humedad que mejora de un 4% a un 11%, .pH que pasa de un estado ligeramente ácido a uno Neutro, la textura del suelo que se transforma de un suelo Arcilloso a uno Totalmente franco determinan que la recuperación de suelos mineros disturbados si es efectiva a través de biofertilizantes como los son los procesos lombricompost, compost y humus líquido y que la relación masa de biofertilizante vs Recuperación determinan el nivel de significancia del mismo siendo una relación totalmente lineal en dosis mayores a la relación de 4000 Ton/Ha. Finalmente, se afirma que los biofertilizantes como lombricultura, compost y lombricompost, logran recuperar los suelos disturbados por la actividad minera teniendo en cuenta concentraciones mayores en pro a la



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

recuperación de las propiedades de fertilidad y elementos menores con eficiencia de un más del 88%



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

8. RECOMENDACIONES

Acorde a los resultados obtenidos se recomiendan aplicar biofertilizantes orgánicos en todo tipo de suelos y dejar actuar las sinergias que tienen cada uno del proceso usado, en términos de economía es mucha más rentable la producción de fertilizantes totalmente orgánicos comparados con los fertilizantes químicos convencionales.

Se determina que para optimizar la producción es recomendable usar sistemas Cerrados que en comparación con los sistemas abiertos sus variables pueden ser controladas en su totalidad y fijar un margen óptimo constante de biofertilizantes.

Se ratificar el usar lombrices rojas californianas de carácter directo al suelo afectado ya que la materia orgánica y los microorganismos autóctonos generan una simbiosis en pro al componente suelo.

Así mismo, es de carácter significativo realizar seguimiento físico químico específico a cada tecnología aplicada razón por la que contar con laboratorios in situ y los reactivos y equipos ideales permitirían un progreso de calidad en producción de biofertilizantes

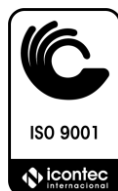


CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

	OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO			
Actividades	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Identificación de la zona de estudio.	X	X														
Parcelamiento de los tratamientos.			X													
Toma de muestras (muestreo completo)			X	X												
Análisis físico químico del suelo a tratar.(microelementos, ph, CE, CO textura)			X	X												
Obtención de material prima biodegradable.	X	X	X	X	X	X										
Adecuación de las áreas de producción (lombricultura)					X											
Adecuación de las áreas de producción (COMPOST)					X	X										
Aplicación de calidad del producto (prueba de adaptación).						X										
Extracción de productos (Biofertilizantes).							X	X								
Aplicación de productos obtenidos para el proceso de recuperación.											X					
Análisis físico químico del suelo post al tratamiento ejecutado.												X				
Seguimiento a las parcelas de estudio en evolución de la recuperación a través de los Biofertilizantes													X			
Establecimiento del sistema de indicadores.													X	X	X	X
Capacitación ambiental															X	X



CO-SC-CER518726



10. PRESUPUESTO

El presupuesto que se presentara a continuacion corresponde a la estimacion del total de las actividades que se llevaron a cabo desde el inicio hasta la culminacion final del proyecto. Esto correspondio a gastos para el transporte, materiales, suministros y demas arandelas presentadas dentro de la RECUPERACION DE SUELOS MINEROS DISTURBADOS A TRAVES DE LOS PROCESOS DE LOMBRICULTURA Y COMPOST EN LA MINA EL CIELO CORREGIMIENTO DE VALENCIA DE JESUS - CESAR.

Tabla 16 .Presupuesto de costo del proyecto de RECUPERACION DE SUELOS MINEROS DISTURBADOS A TRAVES DE LOS PROCESOS DE LOMBRICULTURA Y COMPOST EN LA MINA EL CIELO CORREGIMIENTO DE VALENCIA DE JESUS – CESAR

PROYECTO				
RECUPERACION DE SUELOS MINEROS DISTURBADOS A TRAVES DE LOS PROCESOS DE LOMBRICULTURA Y COMPOST EN LA MINA EL CIELO CORREGIMIENTO DE VALENCIA DE JESUS – CESAR				
COSTO DIRECTO				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TIEMPO (MESES)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
DIRECTOR	1	4	1'050.000	\$4.200.000
ASESOR	1	4	900.000	\$3'600.000
ESTUDIANTES	2	4	400.000	\$3'200.000
			SUB-TOTAL	\$11'000.000





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS

COSTOS INDIRECTOS				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Anillado e impresión del proyecto	2	Global	25.000	\$50.000
Impresión de folletos	120	Global	500	\$60.000
Fotocopias	ND	Global	100	\$30.000
Refrigerio	140	Global	3.000	\$420.000
Transporte	2	Global	500.000	\$1'000.000
Análisis Físicoquímico y Microbiológico	10	Global	200.000	\$2'000.000
			SUB-TOTAL	\$2'560.000
VALOR TOTAL DE COSTOS				\$1.11'000.000
IMPREVISTOS (10%)				\$ 1'100.000
TOTAL PROYECTO			\$ 14'760.000	

Fuente: Autores, 2017



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gómez. J & Mejía. S, (2017). Evaluación de “BIOWISH REMEDIATE” en la biodegradación de grasas de origen animal presentes en suelos del predio la esmeralda, ubicado en el municipio de Valledupar, Cesar.

Gómez, Lorena. (2015). Estudio de una alternativa para la remediación de cargas contaminantes en suelos, por actividades agrícolas.

Murillo, J, Rodríguez, G, Roncallo, B, Rojas, L y Bonilla, R (.2014). Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados.

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia. (2013). Edafología y fertilidad.
Recuperado de: <http://datateca.unad.edu.co>.

Buendía, Hildebrando, (2012). Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante compost de aserrín y estiércoles.

Gracia, J. 2012. Efectos de los compost sobre las propiedades del suelo: evaluación comparativa de compost con separación en origen y sin separación en origen.

Quiterio, Juan (2011). Efectividad de Substancias Húmicas de Leonardita en la Remediación de un Calcisol Contaminado con Plomo

V Informe nacional de Biodiversidad ante el convenio de diversidad biológica (MADS,2011). Plan estratégico sectorial (sector de ambiente y desarrollo



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

sostenible)



LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS

Potisek, M, Figueroa, U, González, C, Jasso, R, Orona, I. (2010). Aplicación de biosólidos al suelo y su efecto sobre contenido de materia orgánica y nutrimentos

Instrumentos normativos del Plan Nacional de Desarrollo (2010-2014): "Prosperidad para todos" Capítulo VI-Sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo

FAO., (Sin fecha). Propiedades físicas del suelo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de: <http://www.fao.org>.

FAO., Manual del compostaje y lombricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de: <http://www.fao.org>.

Arboleda, J. (2008). Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades, 132. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

Guacaneme, Susan, (2005). Efecto de la aplicación de biosólidos, como enmienda orgánica, en la recuperación de un suelo disturbado por actividad extractiva en la cantera Soratama, localidad de Usaquén, Bogotá D.C.

Thompson, L. y Troeh, F. (1988). Los suelos y su fertilidad. Barcelona,



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

España. Reverté, S.A.



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

Universidad de La Republica. (s.f.). Área de suelos y aguas cátedra de fertilidad. Nitrógeno. Recuperado de: <http://www.fagro.edu.uy>



10. ANEXOS



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217

EXT. 1129

E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

**Interpretación general de calidad de suelos según análisis Químicos del
laboratorio IGAC**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI											
SUBDIRECCIÓN DE AGROLOGÍA - LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS											
CONSIDERACIONES GENERALES PARA INTERPRETAR ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS											
pH (H ₂ O) 1:1	APRECIACIÓN	P mg Kg ⁻¹ (BRAY II)	K omol (+) Kg ⁻¹	C.O (%)			N.Total (%)			CIC omol (+) Kg ⁻¹	SATURACIÓN DE BASES (SB) %
				CLIMA			CLIMA				
				FRÍO	MEDIO	CÁLIDO	FRÍO	MEDIO	CÁLIDO		
<4.5	BAJO	<16	<0.2	<2.9	<1.7	<1.2	<0.25	<0.15	<0.10	<10	<35
4.8 - 5.0	MEDIO	16 - 40	0.2 - 0.4	2.9 - 8.1	1.7 - 2.9	1.2 - 2.3	0.25 - 0.50	0.15 - 0.30	0.10 - 0.20	10 - 20	35 - 60
>5.0	ALTO	>40	>0.4	>8.1	>2.9	>2.3	>0.50	>0.30	>0.20	>20	>60
5.1 - 5.5	APRECIACIÓN	RELACIONES				CLASIFICACIÓN DE ACUERDO CON SALES Y SODIO			PORCENTAJE SATURACIÓN ACIDEZ INTERCAMBIABLE (S.A.I)	APRECIACIÓN	
		Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	(Ca+Mg)/K	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA dS m ⁻¹	PORCENTAJE SATURACIÓN SODIO INTERCAMBIABLE (P S)	CLASE			
6.8 - 8.0	RELACION IDEAL	2 - 4	3	8	10	0 - 2	INFERIOR	NORMAL	15 A 30	SIN PROBLEMAS EN GENERAL LIMITANTE PARA CULTIVOS SUSCEPTIBLES	
8.1 - 8.5	K DEFICIENTE		>18	>30	>40	2 - 4		LIMITE			
8.6 - 7.3	Mg DEFICIENTE	>10	<1			4 - 8		A		31	LIMITANTE PARA CULTIVOS MODERADAMENTE TOLERANTES
7.4 - 7.8	NEUTRO	ELEMENTOS MENORES* (mg Kg ⁻¹)				>18	SUPERIOR	33	30 A 60	LIMITANTE PARA CULTIVOS TOLERANTES	
	CONTENIDO OPTIMO	Zn	Cu	Mn	Fe	0 - 4		Na			
7.9 - 8.4	LIGERAMENTE ALCALINO	SUELO	3 - 8	1.6 - 3	16 - 30	20 - 30		NaS1			
8.5 - 8.0	MEDIANAMENTE ALCALINO	PLANTA	30 - 100	5 - 25	30 - 200	80 - 500	>18	NaS3	>80	NIVELES TÓXICOS PARA LA MAYORÍA DE CULTIVOS	
>8.0	FUERTEMENTE ALCALINO	*Extraíbles con DTPA en suelos; digestión húmeda en tejido vegetal.						ÁREA DE QUÍMICA			
EXTREMADAMENTE ALCALINO		Boro en suelos (extraíble en agua caliente): 0.8 - 1.0 mg Kg ⁻¹ .									
		Boro en tejido vegetal : 30-80 mg Kg ⁻¹ .									

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

CONCENTRACION NORMAL EN TEJIDO VEGETAL (Handbook of Reference Methods for Plant Analysis, 1988):

N (%): 2,6-4,6; P (%): 0,20-0,76; K (%): 1,6-6,6; Ca (%): 1,0-4,0; Mg (%): 0,25-1,0; S (%): 0,25-1,0

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

Fuente: datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

Resultados de análisis físico químicos del suelo (Elementos Menores)



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

IGAC		INFORME Y RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO Q-06						FECHA	
		GESTIÓN AGROLOGICA						AAAA-MM-DD	
								2018-06-26	
NOMBRE Y APELLIDO / EMPRESA / PROYECTO		ANYILIJ LIZETH FLATA ORTIZ				TIPO DE MUESTRA		SUELO	
DEPARTAMENTO / MUNICIPIO / LOCALIZACIÓN		Bogotá D.C. - Bogotá, D.C.				No. SOLICITUD		3002_1	
SUPLEMENTO DE RESULTADOS		<input type="checkbox"/> DE FECHA		DIRECCIÓN DEL CLIENTE		CARRERA 16 82 NO. 36A - 32			
No. DE LABORATORIO	TIPO DE MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	Mn	Fe	Zn	Cu	S		
MQ1-30096	SUELO	COMPOST B	19.12	9.74	2.19	1.87	0.74		
MQ1-30097	SUELO	HUMUS LIQ B	28.72	18.30	1.32	2.20	0.37		
MQ1-30098	SUELO	BLANCO	13.96	8.24	0.89	1.46	0.23		
MQ1-30099	SUELO	HUMUS LIQ A	11.08	8.93	0.88	1.36	0.13		
MQ1-30090	SUELO	COMPOST A	7.90	6.07	0.77	1.13	0.15		
MQ1-30061	SUELO	LOMBRICOMPOST A	11.03	9.27	0.88	1.30	0.13		
MQ1-30062	SUELO	LOMBRICOMPOST B	15.86	11.49	2.96	1.80	0.62		
Observaciones:									
<p>*CaCO₃: (+) = BAJO, (++) MEDIO, (+++) ALTO, (++++) Muy Alto, (-) = No presente, N.A = No Aplica, N.E = No específica, N.D = No Detectado; SAT = Saturado; B.T = Bases Totales; S.A.I (%) = Porcentaje Saturación Acidez Intercambiable; S.B (%) = Porcentaje Saturación de Bases; P.Si = Porcentaje Saturación de Sodio</p> <p>NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por correo electrónico se conservarán durante tres años a partir de la entrega de los mismos. Las muestras para análisis químicos, físicos y mineralógicos se almacenarán durante seis meses a partir de la fecha de entrega de resultados. Las muestras para análisis biológicos se conservarán 16 días a partir de la fecha de entrega de resultados; aguas y abonos no se conservarán. La información emitida por el Laboratorio Nacional de Suelos, se limita al análisis de la(s) muestra(s) entregada(s) por el cliente.</p> <p>Favor comunicar su sugerencia, observación o reclamo al Laboratorio Nacional de Suelos Cra 30 N° 48-51 Bogotá, Telefax 3694016 ó 3694000 Ext. 91548 y 91296, mail: laboratorio@igac.gov.co</p> <p>Prohibida la reproducción parcial sin autorización escrita del Laboratorio.</p> <p>Certificaciones BVQI para las normas ISO 9001:2015, NTC-OP-1000:2009 e ISO 14001:2015</p>									
APROBADO POR COORDINADOR DEL GIT:				NOMBRE		Firma			
				JAJME ALVAREZ HERRERA					
Página 1 de 2									

Fuente: datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



CONDICIÓN DE LA MUESTRA		EXPLICACIÓN:		
APROBADA		N.A.		

Fecha de recepción de la muestra	Fecha de pago de la muestra	Fecha de ejecución de los análisis
2018-06-12	2018-06-01	2018-06-22

Método	Condiciones específicas o ambientales del método	Incertidumbre estimada (Si aplica)	Límite de detección (Si aplica)	Límite de cuantificación (Si aplica)
HIERRO EXTRACTABLE. Pirato de sodio 0,1M pH10;cuantificación A.A.	Temperatura: 10-40 °C y Humedad relativa no superior al 85%.	N.A.	N.A.	N.A.
BORO DISPONIBLE. Extracción con agua caliente-cuantificación colorimétrica con Azometina H.	Temperatura: 10-40 °C y Humedad relativa no superior al 85%.	N.A.	N.A.	N.A.
Cobre: extracción con DTPA y cuantificación por Absorción Atómica (A.A.).	Temperatura: 10-40 °C y Humedad relativa no superior al 85%.	N.A.	N.A.	N.A.
Manganeso: extracción con DTPA y cuantificación por Absorción Atómica (A.A.).	Temperatura: 10-40 °C y Humedad relativa no superior al 85%.	N.A.	N.A.	N.A.
Zinc (Zn) extracción con DTPA y cuantificación por Absorción Atómica (A.A.).	Temperatura: 10-40 °C y Humedad relativa no superior al 85%.	N.A.	N.A.	N.A.

CONVERSIÓN DE UNIDADES(CUANDO SE REQUIERA)

N.A.

Cualquier inquietud puede comunicarse con:

Alejandro Alvarez extensión 91648

APROBADO POR COORDINADOR DEL GIT: _____

JAIME ALVAREZ HERRERA
NOMBRE

Firma

Página 2 de 2

Fuente: datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.



CO-SC-CER518726



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

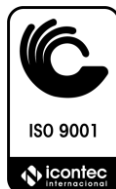
Resultados de análisis físico químicos del suelo (Nitrógeno Total)



LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS

IGAC		RESULTADO ESPECÍFICO NITRÓGENO TOTAL EN SUELOS Q-07			FECHA		
		GESTIÓN AGROLÓGICA			AAAA-MM-DD		
					2018-06-26		
NOMBRE Y APELLIDO / EMPRESA / PROYECTO		ANYILIC LIZETH PLATA ORTIZ		TIPO DE MUESTRA	SUELO	No. SOLICITUD	3002_1
DEPARTAMENTO / MUNICIPIO / LOCALIZACIÓN		Bogotá D.C. - Bogotá, D.C.					
SUPLEMENTO DE RESULTADOS		<input type="checkbox"/> DE FECHA		DIRECCIÓN DEL CLIENTE			CARRERA 15 B2 NO. 36A - 32
No. DE LABORATORIO	TIPO DE MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	NITRÓGENO TOTAL %	PROFUNDIDAD (cm)			
MQI-30026	SUELO	COMPOST B	0.2444	N.A.			
MQI-30027	SUELO	HUMUS LIQ B	0.1756	N.A.			
MQI-30028	SUELO	BLANCO	0.0037	N.A.			
MQI-30029	SUELO	HUMUS LIQ A	0.0625	N.A.			
MQI-30030	SUELO	COMPOST A	0.0907	N.A.			
MQI-30031	SUELO	LOMERIOMPOST A	0.0720	N.A.			
MQI-30032	SUELO	LOMERIOMPOST B	0.3038	N.A.			
Observaciones:							
<p><small>*CÁLCOS: (+) = BAJO, (++) MEDIO, (+++) ALTO, (++++) Muy Alto, (-) = No presente, N.A = No Aplica, N.E = No específico, N.D = No Detectado; SAT = Saturado; S.T = Bases Totales, S.A.I (%) = Porcentaje Saturación Ácido Intercambiable, S.B (%) = Porcentaje Saturación de Bases, P.Si = Porcentaje Saturación de Sodio</small></p> <p><small>NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por correo electrónico se conservarán durante tres años a partir de la entrega de los mismos. Las muestras para análisis químicos, físicos y mineralógicos se almacenarán durante seis meses a partir de la fecha de entrega de resultados. Las muestras para análisis biológicos se conservarán 15 días a partir de la fecha de entrega de resultados; aguas y abonos no se conservarán. La información emitida por el Laboratorio Nacional de Suelos, se limita al análisis de las(s) muestra(s) entregadas por el cliente.</small></p> <p><small>Favor comunicarse su sugerencia, observación o reclamo al Laboratorio Nacional de Suelos Cra 30 N° 45-51 Bogotá, Teléfono: 3694016 ó 3694000 Ext. 91548 y 91286, mail: laboratorio@igac.gov.co</small></p> <p><small>Prohibida la reproducción parcial sin autorización escrita del Laboratorio.</small></p> <p><small>Certificaciones BVQI para las normas ISO 9001:2015, NTCGP 1000:2009 e ISO 14001:2015</small></p>							
APROBADO POR COORDINADOR DEL QIT:				<p>JAIME ALVAREZ HERRERA</p> <p>NOMBRE</p> <p>Fecha</p>			

Fuente: datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
EXT. 1129
E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

Resultados de análisis físico químicos del suelo (CIC)

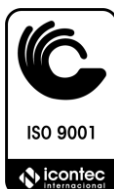


**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

IGAC		INFORME Y RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO Q-37		FECHA	
		GESTIÓN AGROLÓGICA		AAAA-MM-DD	
NOMBRE Y APELLIDO / EMPRESA / PROYECTO		ANYILIC LIZETH PLATA ORTIZ		TIPO DE MUESTRA	SUELO
DEPARTAMENTO / MUNICIPIO / LOCALIZACIÓN		Bogotá D.C. - Bogotá, D.C.		Nº. SOLICITUD	3002_1
SUPLEMENTO DE RESULTADOS <input type="checkbox"/>		DE FECHA		DIRECCIÓN DEL CLIENTE CARRERA 15 B2 NO. 36A - 32	
No. DE LABORATORIO	TIPO DE MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	CIC		
MOI-0006	SUELO	COMPOST B	10.206		
MOI-0007	SUELO	HUMUS LIQ B	10.320		
MOI-0008	SUELO	BLANCO	11.710		
MOI-0009	SUELO	HUMUS LIQ A	11.804		
MOI-0000	SUELO	COMPOST A	10.983		
MOI-0001	SUELO	LOMBRICOMPOST A	10.332		
MOI-0002	SUELO	LOMBRICOMPOST B	10.248		
Observaciones:					
<small> CICOS: (+) = BAJO, (++) MEDIO, (+++) ALTO, (++++) Muy Alto, (-) = No presente; N.A = No Aplica; N.E = No específico; N.D = No Detectado; SAT = Saturado; B.T = Bases Totales; S.A.I (%) = Porcentaje Saturación Acidez Intercambiable; S.B (%) = Porcentaje Saturación de Bases; PSI = Porcentaje Saturación de Sodio NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por correo electrónico se conservarán durante tres años a partir de la entrega de los mismos. Las muestras para análisis químicos, físicos y mineralógicos se almacenarán durante seis meses a partir de la fecha de entrega de resultados. Las muestras para análisis biológicos se conservarán 15 días a partir de la fecha de entrega de resultados; aguas y abonos no se conservarán. La información emitida por el Laboratorio Nacional de Suelos, se limita al análisis de la(s) muestra(s) entregada(s) por el cliente. Favor comunicar su sugerencia, observación o reclamo al Laboratorio Nacional de Suelos Cra 30 N° 45-51 Bogotá, Teléfono 3894018 ó 3894000 Ext. 91548 y 91298, mail: laboratorio@igac.gov.co Prohíbese la reproducción parcial sin autorización escrita del Laboratorio. Certificaciones BVQI para las normas ISO 9001:2015, NTCGP 1000:2009 e ISO 14001:2015 </small>					
APROBADO POR COORDINADOR DEL GIT:		JAIMÉ ALVAREZ HERRERA		Firma	

Página 1 de 2

Fuente: datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
 EXT. 1129
 E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

Resultados de análisis físico químicos del suelo (Fosforo)



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

IGAC		INFORME Y RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO Q-42 GESTIÓN AGROLÓGICA		FECHA AAAA-MM-DD 2018-06-26	
NOMBRE Y APELLIDO / EMPRESA / PROYECTO		ANYLIC LIZETH PLATA ORTIZ		TIPO DE MUESTRA	SUELO
DEPARTAMENTO / MUNICIPIO / LOCALIZACIÓN		Bogotá D.C. - Bogotá, D.C.		No. SOLICITUD	3002_1
SUPLEMENTO DE RESULTADOS		DE FECHA		DIRECCIÓN DEL CLIENTE CARRERA 16 B2 NO. 35A - 32	
No. DE LABORATORIO	TIPO DE MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	POSFORO mg/kg		
MOI-30056	SUELO	COMPOST B	92.01		
MOI-30057	SUELO	HUMUS LIQ B	48.26		
MOI-30058	SUELO	BLANCO	62.52		
MOI-30059	SUELO	HUMUS LIQ A	50.52		
MOI-30060	SUELO	COMPOST A	47.29		
MOI-30061	SUELO	LOMBRICOMPOST A	56.17		
MOI-30062	SUELO	LOMBRICOMPOST B	128.22		
Observaciones:					
<small> *CÓDIGOS: (+) = BAJO, (++) = MEDIO, (+++) = ALTO, (++++) Muy Alto, (-) = No presente; N.A. = No Aplica, N.E. = No específico; N.D. = No Detectado; SAT = Saturado; B.T. = Bases Totales; S.A.I. (%) = Porcentaje Saturación Acidez Intercambiable; S.B. (%) = Porcentaje Saturación de Bases; P.SI = Porcentaje Saturación de Sólidos. NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por correo electrónico se conservarán durante tres años a partir de la entrega de los mismos. Las muestras para análisis químicos, físicos y mineralógicos se almacenarán durante seis meses a partir de la fecha de entrega de resultados. Las muestras para análisis biológicos se conservarán 16 días a partir de la fecha de entrega de resultados; aguas y abonos no se conservarán. La información emitida por el Laboratorio Nacional de Suelos, se limita al análisis de la(s) muestra(s) entregada(s) por el cliente. Favor consultar su sugerencia, observación o reclamo al Laboratorio Nacional de Suelos Cra 30 N° 45-51 Bogotá, Teléfono 3994016 ó 3994020 Ext. 91548 y 91296, mail: laboratorio@igac.gov.co Prohíbase la reproducción parcial sin autorización escrita del Laboratorio. Certificaciones BVQI para las normas ISO 9001:2015, NTCGP 1020:2009 e ISO 14001:2015 </small>					
APROBADO POR COORDINADOR DEL GIT:		JAIME ALVAREZ HERRERA		Firma	

Fuente: datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
 EXT. 1129
 E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

Resultados de análisis físico químicos del suelo (% C.O)

IGAC		INFORME Y RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO Q-44		FECHA	
		GESTIÓN AGROLÓGICA		AAAA-MM-DD	
				2018-06-26	
NOMBRE Y APELLIDO / EMPRESA / PROYECTO			ANYLIC LIZETH PLATA ORTIZ	TIPO DE MUESTRA	SUELO
DEPARTAMENTO / MUNICIPIO / LOCALIZACIÓN			Bogotá D.C. - Bogotá, D.C.	No. SOLICITUD	3002_1
SUPLEMENTO DE RESULTADOS <input type="checkbox"/> DE FECHA			DIRECCIÓN DEL CLIENTE: CARRERA 16 B2 NO. 36A - 32		
No. DE LABORATORIO	TIPO DE MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	CARBONO ORGÁNICO %		
MC1-30056	SUELO	COMPOST B	1.72		
MC1-30057	SUELO	HUMUS LIQ B	1.31		
MC1-30058	SUELO	BLANCO	0.06		
MC1-30059	SUELO	HUMUS LIQ A	0.59		
MC1-30060	SUELO	COMPOST A	0.06		
MC1-30061	SUELO	LOMBRI/COMPOST A	0.61		
MC1-30062	SUELO	LOMBRI/COMPOST B	2.17		
Observaciones:					
<p><small> %C.O.O.S. (+) = BAJO, (++) MEDIO, (+++) ALTO, (++++) Muy Alto, (-) = No presente, N.A. = No Aplica, N.E. = No específico, N.D. = No Detectado; SAT = Saturado; B.T. = Bases Totales; S.A.I. (%) = Porcentaje Saturación Ácido Intercambiable, S.B. (%) = Porcentaje Saturación de Bases; PSI = Porcentaje Saturación de Sodio NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por correo electrónico se conservarán durante tres años a partir de la entrega de los mismos. Las muestras para análisis químicos, físicos y mineralógicos se almacenarán durante seis meses a partir de la fecha de entrega de resultados. Las muestras para análisis biológicos se conservarán 15 días a partir de la fecha de entrega de resultados; aguas y abonos no se conservarán. La información emitida por el Laboratorio Nacional de Suelos, se limita al análisis de la(s) muestra(s) entregada(s) por el cliente. Favor comunicar su sugerencia, observación o reclamo al Laboratorio Nacional de Suelos Cra 30 N° 48-51 Bogotá, Teléfonos 3994016 ó 3994000 Ext. 91548 y 91296, mail: laboratorio@igac.gov.co Prohíbe la reproducción parcial sin autorización escrita del Laboratorio. Certificaciones BVQI para las normas ISO 9001:2015, NTCCSP 1000:2009 e ISO 14001:2015 </small></p>					
APROBADO POR COORDINADOR DEL QIT:			_____ JAIMÉ ALVAREZ HERRERA NOMBRE _____ Firma		

Fuente: datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.



CO-SC-CER518726

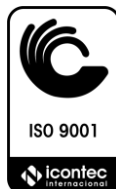
www.unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sede Sabanas, Oficina 105 D. Tel. 5848217
 EXT. 1129
 E-mail: ambiental@unicesar.edu.co



Resultados de análisis físico químicos del suelo (C.E)

IGAC		INFORME Y RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO Q-44		FECHA	
		GESTIÓN AGROLÓGICA		AAAA-MM-DD	
NOMBRE Y APELLIDO / EMPRESA / PROYECTO		ANYILIC LIZETH PLATA ORTIZ		TIPO DE MUESTRA	SUELO
DEPARTAMENTO / MUNICIPIO / LOCALIZACIÓN		Bogotá D.C. - Bogotá, D.C.		No. SOLICITUD	3002_1
SUPLEMENTO DE RESULTADOS		<input type="checkbox"/> DE FECHA		DIRECCIÓN DEL CLIENTE	
				CARRERA 16 B2 NO. 35A - 32	
No. DE LABORATORIO	TIPO DE MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	CARBONO ORGÁNICO %		
MC1-30056	SUELO	COMPOST B	1.72		
MC1-30057	SUELO	HUMUS LIQ B	1.31		
MC1-30058	SUELO	BLANCO	0.96		
MC1-30059	SUELO	HUMUS LIQ A	0.59		
MC1-30060	SUELO	COMPOST A	0.96		
MC1-30061	SUELO	LOMBRICOPOST A	0.81		
MC1-30062	SUELO	LOMBRICOPOST B	2.17		
Observaciones:					
<small> %CaCO₃ (+) = BAJO, (++) = MEDIO, (+++) = ALTO, (++++) Muy Alto, (-) = No presente, N.A = No Aplica, N.E = No específico, N.D = No Detectado, SAT = Saturado, B.T = Bases Totales, S.A.I (%) = Porcentaje Saturación Ácidos Intercambiables, S.B (%) = Porcentaje Saturación de Bases, PSI = Porcentaje Saturación de Sodio NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por correo electrónico se conservarán durante tres años a partir de la entrega de los mismos. Las muestras para análisis químicos, físicos y mineralógicos se almacenarán durante seis meses a partir de la fecha de entrega de resultados. Las muestras para análisis biológicos se conservarán 16 días a partir de la fecha de entrega de resultados; aguas y abonos no se conservarán. La información emitida por el Laboratorio Nacional de Suelos, se limita al análisis de la(s) muestra(s) entregada(s) por el cliente. Favor comunicar su sugerencia, observación o reclamo al Laboratorio Nacional de Suelos Cra 30 N° 45-51 Bogotá, Teléfono 3994015 ó 3994000 Ext. 91548 y 91298, mail: laboratorio@igac.gov.co Prohibida la reproducción parcial sin autorización escrita del Laboratorio. Certificaciones BVQI para las normas ISO 9001:2015, NTCCP 1000:2009 e ISO 14001:2015 </small>					
APROBADO POR COORDINADOR DEL QIT:		_____ NOMBRE Jaime Alvarez Herrera Firma			

Fuente: datos obtenidos resultados de análisis físico químicos IGAC 2019.



CO-SC-CER518726