

PRACTICAS ACADÉMICAS EN EL GRUPO DE ENERGÍAS AMBIENTE Y BIOTECNOLOGÍA (GEAB-CIDTEC) DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR: MONTAJE DE TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA EL ESTUDIO DE IMPACTOS AMBIENTALES EN SUELOS AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERÍA.



AUTOR:

SEBASTIAN DORIA ANAYA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR

2024

PRACTICAS ACADEMICAS EN EL GRUPO DE ENERGÍAS AMBIENTE Y BIOTECNOLOGÍA (GEAB-CIDTEC) DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR: MONTAJE DE TECNICAS ANALITICAS PARA EL ESTUDIO DE IMPACTOS AMBIENTALES EN SUELOS AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERIA.

AUTOR:

SEBASTIAN DORIA ANAYA

DIRECTOR

LUIS CARLOS DIAZ MUEGUE

DOCTOR EN INGENIERIA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2024

DEDICATORIA

Dedico este proyecto, en primer lugar, a Dios, su guía, su fortaleza y su amor infinito han sido mi luz en cada paso de este camino. En los momentos de duda y dificultad, él me ha sostenido, dándome la sabiduría y la paz necesarias para seguir adelante.

A mis queridos padres Guido y Yomaris, y mi hermano Pipe, este proyecto es también para ustedes. Gracias, mamá, por tu amor inagotable, por ser mi refugio y apoyo. Papá, gracias por tus consejos, por tu ejemplo de fortaleza y por siempre creer en mí. Pipe, gracias por tu compañía y por ser una fuente constante de alegría. Este logro es un reflejo del amor y la unión que compartimos. Los amo profundamente.

Sebastián Doria Anaya



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza a lo largo de este proceso. Su sabiduría y amor han iluminado mi camino, dándome la serenidad y la perseverancia necesarias para superar cada obstáculo. Sin su constante presencia en mi vida, este logro no habría sido posible.

A mis padres, Yomaris y Guido, y a mi hermano Pipe, les debo más de lo que las palabras pueden expresar. Mamá, papá, gracias por su sacrificio, su apoyo inquebrantable y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación, han sido mi ejemplo a seguir, mostrándome con su vida lo que significa trabajar con amor y determinación. Pipe, tu compañía y aliento han sido invaluable; has sido un hermano y amigo en cada paso de este viaje. A ustedes les dedico este éxito, fruto también de su amor y apoyo.

A mis amigos, que con su lealtad y ánimo han hecho de esta travesía algo más llevadero, les agradezco de todo corazón su presencia y apoyo.

A mis profesores, quienes con su conocimiento y pasión por enseñar me han guiado en mi desarrollo académico, les expreso mi más sincero agradecimiento, cada lección impartida y cada consejo ofrecido han dejado una huella profunda en mi formación.

Finalmente, agradezco a mi director de proyecto, Luis Carlos Díaz Muegues, por su valiosa orientación y apoyo durante este proceso, su experiencia y consejos han sido esenciales para llevar a cabo este trabajo. Gracias por su dedicación y por ayudarme a alcanzar este importante logro.

Sebastián Doria Anaya

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1 SITUACIÓN PROBLEMA	11
2 JUSTIFICACIÓN	12
3 OBJETIVOS	13
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
4 MARCO REFERENCIAL.....	14
4.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA	14
4.1.1 Información básica.....	14
4.1.2 Reseña Histórica	15
4.1.3 Planeación estratégica.....	15
4.1.3.1 Misión	15
4.1.3.2 Visión.....	15
4.1.3.3 Valores y Principios.....	16
4.1.3.4 Principios	16
4.1.4 Políticas de la Empresa	16
4.1.5 Estructura Organizacional.....	17
4.1.6 Mapa de Procesos o Portafolio de Productos y Servicios.....	18
4.2 MARCO CONTEXTUAL.....	18
4.2.1 Georreferenciación y ubicación de Valledupar.....	18
4.2.2 Georreferenciación de la Universidad Popular del Cesar	19
4.3 MARCO CONCEPTUAL.....	20
4.4 MARCO LEGAL.....	21

5	MARCO METODOLÓGICO.....	23
5.1	CAMPO DE APLICACIÓN.....	23
5.2	FUNCIONES ESPECÍFICAS A DESARROLLAR	23
5.3	PERFIL DEL SUPERVISOR ASIGNADO.....	24
5.4	DESARROLLO METODOLÓGICO	24
6	PRODUCTOS Y RESULTADOS.....	26
6.1	ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS QUE RECOJA INFORMACIÓN SOBRE LOS DIFERENTES ANÁLISIS DE SUELOS UTILIZADOS PARA EVALUAR IMPACTOS PROVOCADOS POR LA MINERÍA.	26
6.1.1	Revisión bibliográfica.....	26
6.1.2	Identificación de parámetros clave.	29
6.1.3	Diseño de la estructura de la base de datos.....	30
6.2	REALIZACIÓN DEL MONTAJE DE TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA CARACTERIZAR SUELOS AFECTADOS POR ACTIVIDAD MINERA.	31
6.2.1	Selección de métodos analíticos adecuadas.....	32
6.2.2	Desarrollo de protocolos de análisis.....	33
6.2.2.1	Ph	33
6.2.2.2	Color	34
6.2.2.3	Conductividad.....	35
6.2.2.4	Textura	36
6.2.2.5	Humedad.....	38
6.2.2.6	Retención de humedad.....	39
6.2.3	Aplicación de técnicas analíticas.....	40
6.3	ANÁLISIS LOS RESULTADOS DE MUESTRAS DE SUELOS LLEVADAS AL LABORATORIO, PARA CONOCER EL ESTADO ACTUAL DE ÁREAS AFECTADAS POR MINERÍA.	40
6.3.1	Documentación de resultados	41

6.3.2	Interpretación de resultados	41
6.3.2.1	pH.....	41
6.3.2.2	Color	42
6.3.2.3	Conductividad.....	42
6.3.2.4	Textura	43
6.3.2.5	Humedad.....	43
6.3.2.6	Retención de humedad.....	44
6.3.2.7	Análisis general del estado actual de la zona donde se tomó la muestra.....	44
6.3.3	Recomendaciones y acciones correctivas	45
7	CONCLUSIONES	47
8	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	49
9	ANEXOS	53

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Información básica de la empresa</i>	14
Tabla 2. <i>Normatividad de la temática principal del informe</i>	21
Tabla 3. <i>Funciones específicas a desarrollar</i>	23
Tabla 4. <i>Perfil del supervisor asignado.</i>	24
Tabla 5. <i>Desarrollo metodológico</i>	25
Tabla 6. <i>Artículos seleccionados</i>	28
Tabla 7. <i>Método analítico seleccionado</i>	32
Tabla 8. <i>Protocolos de análisis para el pH</i>	33
Tabla 9. <i>Protocolos de análisis para la conductividad eléctrica</i>	35
Tabla 10. <i>Protocolos de análisis para la textura del suelo</i>	37
Tabla 11. <i>Protocolos de análisis para la humedad del suelo</i>	38
Tabla 12. <i>Resultados de las pruebas o técnicas analíticas</i>	40

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Organigrama y estructura organizacional de la Universidad Popular del Cesar.</i>	17
Figura 2. <i>Mapa de procesos de la Universidad Popular del Cesar</i>	18
Figura 3. <i>Georreferenciación del municipio de Valledupar, Cesar</i>	19
Figura 4. <i>Localización de la Universidad Popular del Cesar</i>	20
Figura 5. <i>Diagrama de flujo con la inclusión de los documentos</i>	27
Figura 6. <i>Estructura de la base de datos</i>	31



INFOME DE TRABAJO INVESTIGATIVO

PRACTICAS ACADEMICAS EN EL GRUPO DE ENERGÍAS AMBIENTE Y BIOTECNOLOGÍA (GEAB-CIDTEC) DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR: MONTAJE DE TECNICAS ANALITICAS PARA EL ESTUDIO DE IMPACTOS AMBIENTALES EN SUELOS AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERIA.



INTRODUCCIÓN

El presente informe detalla las prácticas académicas realizadas en el Grupo de Energías, Ambiente y Biotecnología (GEAB-CIDTEC) de la Universidad Popular del Cesar, enfocadas en el montaje de técnicas analíticas para el estudio de impactos ambientales en suelos afectados por la actividad minera. Este informe aborda el desarrollo de prácticas orientadas a la evaluación de los efectos de la minería en el medio ambiente, con un énfasis particular en la caracterización y análisis de suelos.

El informe se centra en el montaje de técnicas analíticas para la evaluación de impactos ambientales en suelos afectados por actividades mineras. La elección de este tema responde a la necesidad de comprender cómo la minería influye en la calidad del suelo y en el ecosistema circundante. Según Pérez y Betancur (2016) la actividad minera puede tener efectos significativos en la composición del suelo, afectando su capacidad para soportar vegetación y mantener el equilibrio ecológico. La práctica académica se orienta a desarrollar y aplicar métodos analíticos que permitan una evaluación precisa de estos impactos

Para abordar las prácticas, se emplearon diversas metodologías y técnicas analíticas. En primer lugar, se elaboró una base de datos integral que recopila información sobre los métodos de análisis de suelos utilizados en la evaluación de impactos mineros. Esta base de datos sirve como referencia para la selección y aplicación de técnicas analíticas específicas. A continuación, se realizó el montaje de estas técnicas en el laboratorio, con el objetivo de caracterizar de manera detallada los suelos afectados por la minería. La metodología incluye el uso de herramientas y procedimientos estandarizados para garantizar la precisión y fiabilidad de los resultados obtenidos.

Por tanto, Esta práctica académica deja un impacto positivo significativo en la Universidad Popular del Cesar al establecer una guía exhaustiva para el análisis de parámetros de suelo. Este recurso no solo proporciona un marco claro para la evaluación de suelos afectados por la actividad minera, sino que también enriquece la capacidad técnica del laboratorio. La guía servirá como una herramienta valiosa para estudiantes e investigadores, facilitando el aprendizaje y la aplicación de técnicas analíticas avanzadas.

1 SITUACIÓN PROBLEMA

La minería, es una actividad esencial para la obtención de minerales y recursos valiosos, esta ha desempeñado un papel crucial en el crecimiento económico global e incluso, ha sido de gran importancia para el desarrollo económico de Colombia y del departamento del Cesar (Quesada, 2018). Sin embargo, esta enfrenta una serie de desafíos.

Desde el punto de vista ambiental, el departamento del Cesar enfrenta retos significativos relacionados con la degradación del suelo, debido a que, estos han sido afectados por la actividad extractiva del carbón. Estas áreas son sometidas a la remoción de su capa superficial, permitiendo pérdida de materia orgánica, así mismo, las maquinarias utilizadas provocan compactación, lo que reduce la capacidad de absorción y retención de agua, como también pérdida de biodiversidad (Díaz, 2017).

En términos económicos, la minería de carbón ha sido históricamente una importante fuente de ingresos y empleo para la región del Cesar, generando un aporte en el 2022 cerca 15 billones de pesos y alrededor de 12.000 empleos directos y 60.000 indirectos, así mismo, el departamento recibió \$39,286 millones por concepto de regalías en el periodo 2023 – 2024, lo que ha contribuido al financiamiento de proyectos de desarrollo y bienestar social en la región (Tiempo, 2023). Sin embargo, esta actividad también ha generado externalidades negativas, como la degradación ambiental y la pérdida de recursos naturales, que pueden afectar la sostenibilidad a largo plazo de la economía local.

De acuerdo a lo anterior, la realización de montajes para el estudio de impactos en el suelo constituye un paso crucial para comprender los efectos negativos que la actividad minera ha tenido en las áreas afectadas. Estos montajes implican la recopilación de datos mediante técnicas analíticas específicas, que permiten evaluar la calidad del suelo, identificar contaminantes y determinar el grado de degradación. Al analizar estas áreas de manera detallada y conocer la historia de la minería de carbón en el Cesar, se obtiene una visión más clara de los problemas ambientales presentes, lo que es fundamental para diseñar estrategias de rehabilitación, que ofrezcan un enfoque prometedor para la recuperación de áreas degradadas.

2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la contaminación del suelo representa un desafío ambiental significativo debido a diversas actividades humanas, como la industria, la agricultura y la minería, siendo esta última generadora de controversia y desafío en el departamento del Cesar, debido a que, esta actividad ha dejado un legado de contaminación ambiental, especialmente en lo que respecta a la calidad de los suelos.

El desarrollo de proyectos de aprovechamiento de carbón en el departamento del Cesar, Colombia, es una actividad económica muy importante para el país. El futuro de las tierras afectadas por la minería del carbón depende del desarrollo de proyectos de recuperación, en donde, empleen métodos de ingeniería para proteger los suelos (Díaz & Arranz, 2013).

El biochar y carbono de bajo rango han surgido como posibles soluciones para mitigar los efectos adversos de la contaminación del suelo, gracia a la alta porosidad, cantidad considerable de grupos funcionales, capacidad de adsorción y retención, permiten mejorar las condiciones físico – químicas de este recurso (Márquez, 2022). Sin embargo, para garantizar la eficacia de estas técnicas de remediación, es fundamental contar con un sistema de protocolos de análisis de suelo adecuado, que faciliten recopilar datos precisos y relevantes para la restauración, esto implica definir los parámetros a analizar, los métodos de muestreo y análisis, así como los criterios de interpretación de los resultados (Molina, SF).

De acuerdo a lo anterior, el Grupo de Energías Ambiente y Biotecnología (GEAB-CIDTEC) de la Universidad Popular del Cesar en cabeza del Ingeniero Luis Carlos Díaz Muegue, está desarrollando las técnicas analíticas, con el propósito de producir información valiosa a nombre de la institución, la cual, es útil para los estudiantes de la universidad, para que puedan involucrarse en la investigación científica y contribuyan al avance del conocimiento en el campo de la ingeniería ambiental y la biotecnología.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar las practicas académicas en GEAB-CIDTEC, orientadas al montaje de técnicas analíticas para el estudio de impactos ambientales en suelos afectados por la actividad minera.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Elaborar una base de datos que recoja información sobre los diferentes análisis de suelos utilizados para evaluar impactos provocados por la minería.
- Realizar el montaje de técnicas analíticas para caracterizar suelos afectados por actividad minera.
- Analizar los resultados de muestras de suelos llevadas al laboratorio, para conocer el estado actual de áreas afectadas por minería.



4 MARCO REFERENCIAL

A continuación, en este capítulo se presentan aquellas partes que cimentan este informe de prácticas académicas.

4.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

4.1.1 Información básica

A continuación, la **Tabla 1** se presenta la información general de la empresa en la que se llevaron a cabo las prácticas académicas.

Tabla 1.

Información básica de la empresa

PRACTICANTE	Nombre del practicante	SEBASTIAN DORIA ANAYA
	Número de identificación	1005572442
	Teléfono/celular	3053185801
	Correo electrónico	sdoria@unicesar.edu.co
EMPRESA	Razón social	UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
	NIT	892.300.285-6
	Dirección	Diagonal 21 #29 – 56, Sabanas del Valle
	Municipio	VALLEDUPAR
	Departamento	CESAR
	Representante legal	ROBER ROMERO MARTINEZ
	Jefe inmediato	MELISSA MARTINEZ
	Teléfono/celular	PBX (605) (5) 5848217 EXT. 1129
	Imagotipo	

Nota. Elaborado por el autor, 2024

4.1.2 Reseña Histórica

La Universidad Popular del Cesar tuvo su origen en 1976, aunque la idea de su creación surgió el 12 de noviembre de 1969. En esa fecha, se llevó a cabo una reunión en la gobernación del Cesar, donde dirigentes de Valledupar se reunieron para discutir diversas opiniones y formaron el primer comité para la creación de un Instituto Tecnológico Universitario en el Cesar. Este comité estaba compuesto por los doctores Álvaro Castro Socarrás, Guillermo Romero Churrio, Gratiniano Toloza Díaz, César Mendoza Hinojosa, Orlando Ríos Fernández, Alonso Fernández Oñate, Orlando Vásquez García y Efraín Del Toro Pérez. La Universidad Popular del Cesar comenzó sus actividades académicas el 1 de agosto de 1977, inaugurando las facultades de Ciencias Administrativas y Contables, Ciencias de la Salud y Ciencias de la Educación. A lo largo de los años, la UPC ha experimentado un notable crecimiento en términos de infraestructura, oferta académica y reconocimiento. La universidad ha ampliado su gama de programas académicos, incorporando nuevas facultades y departamentos que abarcan diversas disciplinas. Además, ha fortalecido sus capacidades en investigación científica, extensión universitaria y proyección social, impactando positivamente en la región y más allá. Con miras al futuro, la Universidad Popular del Cesar aspira a ser una institución de alta calidad, incluyente y transformadora, comprometida con el desarrollo sostenible de la región y con visibilidad tanto a nivel nacional como internacional.

4.1.3 Planeación estratégica

4.1.3.1 Misión

La Universidad Popular del Cesar es una institución nacional que ofrece educación de calidad, integral e inclusiva, con rigor científico y tecnológico. Sus programas abarcan diversos campos, promoviendo la libertad de pensamiento y la construcción de saberes para resolver problemas y conflictos, con una proyección nacional e internacional.

4.1.3.2 Visión

En el año 2025, la Universidad Popular del Cesar será una Institución de Educación Superior de alta calidad, incluyente y transformadora; comprometida en el desarrollo sustentable de la Región, con visibilidad nacional y alcance internacional.

4.1.3.3 Valores y Principios

- ❖ Responsabilidad
- ❖ Honestidad
- ❖ Prudencia
- ❖ Lealtad
- ❖ Veracidad
- ❖ Solidaridad Justicia
- ❖ Fidelidad
- ❖ Tolerancia.

4.1.3.4 Principios

- ❖ Garantizar el cumplimiento de su misión y visión.
- ❖ Cumplir las funciones de docencia.
- ❖ Respetar la libertad de conciencia.
- ❖ Asumir la responsabilidad social.

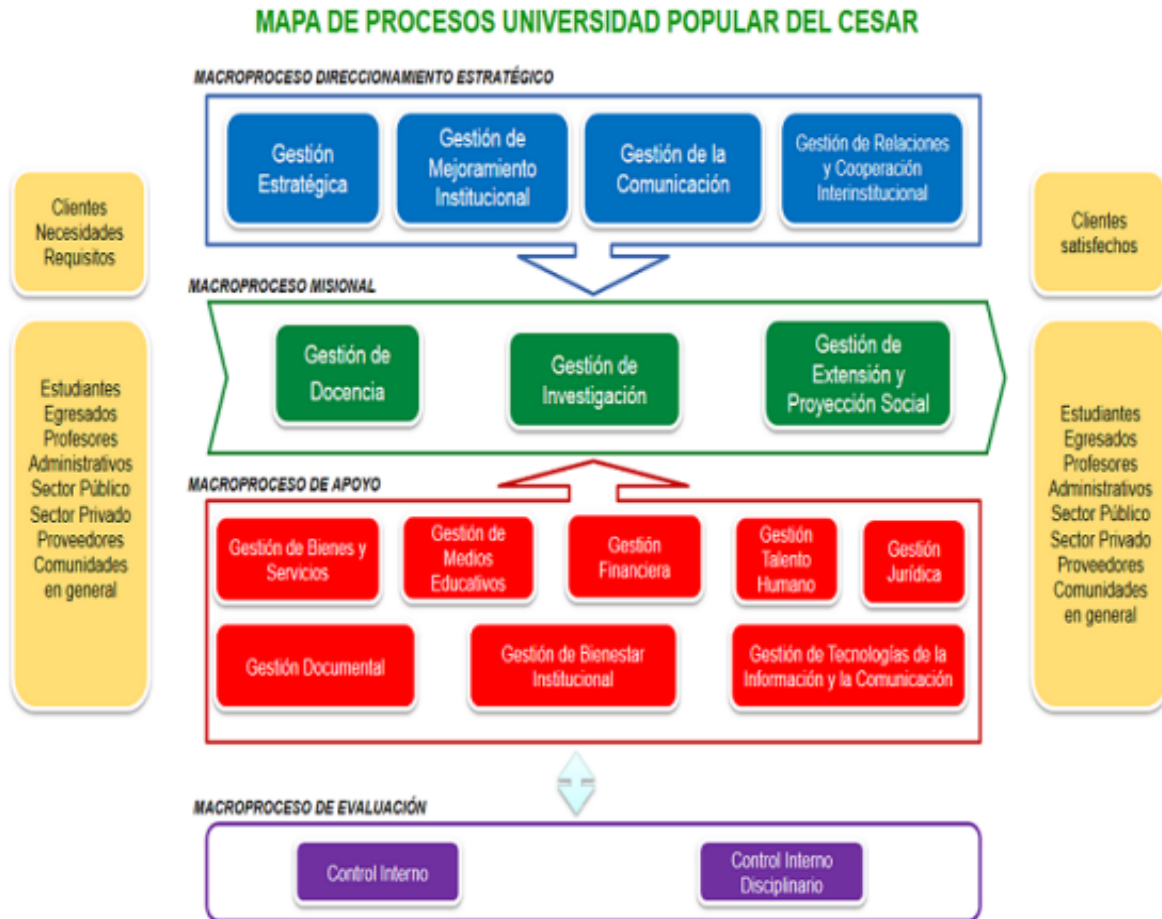
4.1.4 Políticas de la Empresa

La Universidad Popular del Cesar se compromete a satisfacer las necesidades y expectativas de la comunidad universitaria y partes interesadas, garantizando una formación integral y excelencia académica. Promueve la calidad de sus programas, la investigación científica y la proyección social a nivel regional, nacional e internacional. Esto se logra mediante un talento humano cualificado, infraestructura adecuada y manejo transparente de los recursos, mejorando continuamente la eficacia, eficiencia y efectividad del sistema de gestión de la calidad, contribuyendo al logro de los fines esenciales del Estado. Además, la Universidad busca mejorar continuamente las condiciones ambientales en sus instalaciones y mantener la salud y el bienestar de la comunidad. Cumple con las disposiciones legales y fomenta la investigación, docencia, extensión y gestión. Los objetivos ambientales incluyen el manejo adecuado de espacios verdes, uso eficiente de recursos, reciclaje y reutilización de materiales, así como el tratamiento y disposición adecuada de residuos

4.1.6 Mapa de Procesos o Portafolio de Productos y Servicios.

Figura 2.

Mapa de procesos de la Universidad Popular del Cesar



Nota. Tomado del Programa de Gestión Documental, 2020

4.2 MARCO CONTEXTUAL

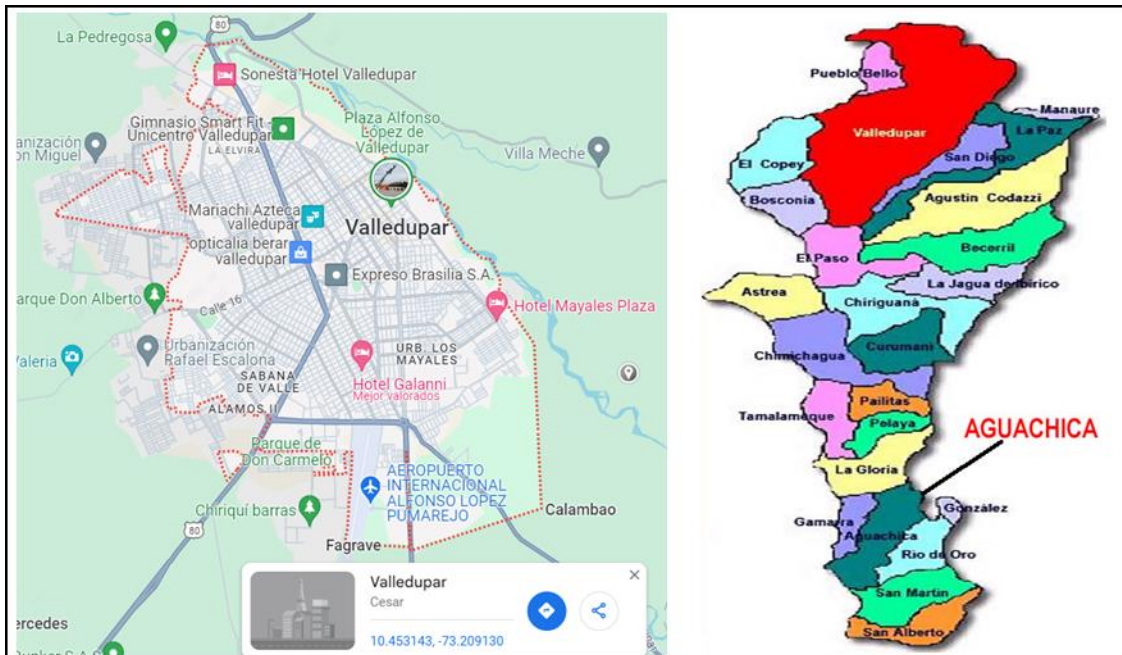
4.2.1 Georreferenciación y ubicación de Valledupar

Valledupar, fundada en 1.544 es la capital del Departamento del Cesar. Está ubicada a los pies de la Sierra Nevada de Santa Marta a la margen del río Guatapurí. Esta ciudad cuenta con 102 veredas y 24 corregimientos. Los ríos Cesar, Badillo, Guatapurí, Ariguaní, Cesarito, Rio Seco, Diluvio y Mariangola renga el territorio del municipio de Valledupar. La mayor parte del territorio del municipio está ocupada por el Valle del Río Cesar. El sistema montañoso más

significativo es la Sierra Nevada de Santa Marta. Cabe resaltar, que su territorio es plano y con una pequeña pendiente hacia el sureste. La altitud media de la ciudad es de 168 m; se encuentra entre los 220 m al norte y los 150 m al sur. Dos cerros, el "Cicolac" con 330 m.s.n.m. y el "la Popa" con 310 m.s.n.m., se encuentran en las cercanías de la ciudad, además de las enormes estructuras montañosas que la rodean (Pico Bolívar 5.775 m), (Valledupar, 2024).

Figura 3.

Georreferenciación del municipio de Valledupar, Cesar



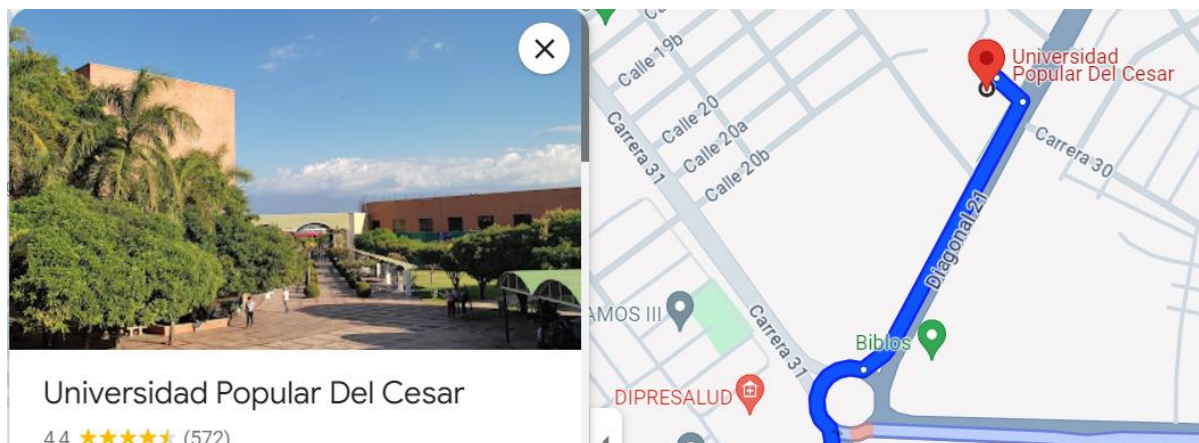
Nota. Tomado de Google Maps, 2024 y Sandra Barrio, 2011. Adatado por autor, 2024.

4.2.2 Georreferenciación de la Universidad Popular del Cesar

La Universidad Popular del Cesar sede campus universitario, se encuentra ubicada en la Diagonal 21 No. 29 – 56 Sabanas del Valle, Valledupar, Cesar, Colombia.

Figura 4.

Localización de la Universidad Popular del Cesar



Nota. Tomado de Google Maps, 2024

4.3 MARCO CONCEPTUAL.

A continuación, se presentan conceptos de las palabras claves del informe. Las definiciones son necesarias para comprender los términos específicos que se utilizarán a lo largo del documento, lo que permitirá una mejor comprensión y análisis de la información.

Base de datos: Una base de datos es una colección organizada de datos que se almacena de manera estructurada. Esta recopilación puede incluir una amplia variedad de tipos de información, como textos, números, imágenes, videos y archivos. Las bases de datos están diseñadas para permitir un acceso rápido y eficiente a los datos, facilitando su manejo, consulta y actualización (AWS, 2023)

Caracterización: La caracterización es el proceso de describir en detalle el objeto de estudio como las características y componentes básicos. Esto incluye identificar y definir las propiedades, atributos y aspectos clave que son relevantes para la investigación (Gardey, 2017)

Impacto ambiental: El cambio favorable o desfavorable que ocurre en alguno o todos los elementos del medio ambiente, en la salud humana o en el bienestar de la sociedad, esto ocurre como resultado de la realización de una acción o actividad humana (Juan Pérez, 2017).

Minería: La minería es una actividad industrial que posibilita la extracción y obtención selectiva de sustancias minerales sólidas (como los combustibles y otras fuentes energéticas),

líquidas (como el petróleo) o gaseosas (como el gas natural) en materias primas y/o productos energéticos que satisfagan las necesidades de abastecimiento de materiales adecuados para el desarrollo de las sociedades humanas (Herbert, 2017) .

Montajes: Es el proceso de preparación y configuración de los métodos y procedimientos para llevar a cabo experimentos científicos, químicos o biológicos de forma precisa en el laboratorio. Antes de iniciar cualquier análisis, se debe seleccionar, instalar y calibrar el equipamiento necesario según los protocolos establecidos, asegurándose de que todos los instrumentos funcionan correctamente. Asimismo, establecen pautas específicas para obtener resultados confiables y reproducibles (Bonilla & Gutiérrez, 2020).

Suelo: El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento (131, ECOLOGIA Y ENSEÑANZA RURAL, 1996).

Técnicas analíticas: Son métodos y procedimientos científicos utilizados para identificar, separar, cuantificar y estudiar la composición de sustancias y materiales (INFINITIA Industrial consulting, s.f.).

4.4 MARCO LEGAL.

Para el desarrollo del presente proyecto se enmarcará la normativa legal vigente aplicada en la **Tabla 2**

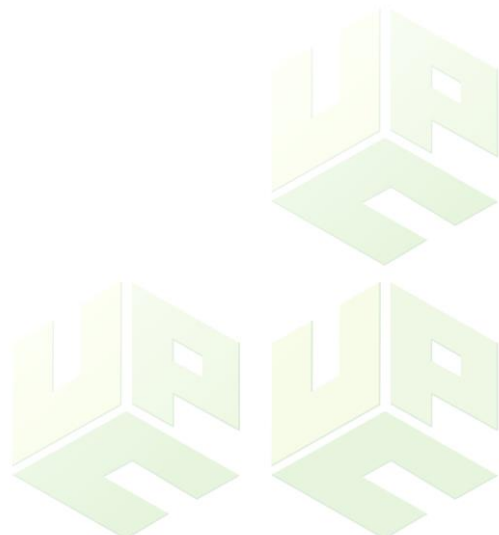
Tabla 2.

Normatividad de la temática principal del informe

NORMAS	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
Decreto 2811 de 1974	<p>Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.</p> <p>Art. 180. Es deber de todos los habitantes de la República colaborar con las autoridades en la conservación y en el manejo adecuado de los suelos.</p>	<p>Tiene por objeto preservación, restauración y conservación del ambiente, prevenir y controlar los efectos nocivos de la explotación de los recursos naturales no renovables, y regular la conducta humana, individual o colectiva</p>

NORMAS	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
Constitución política de Colombia (1991)	Art.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 Art.80. El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.	Establece el marco general para la protección ambiental, incluyendo la conservación de suelos como un recurso natural fundamental.
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente.	Establece el marco legal para la protección ambiental y la gestión sostenible de los recursos naturales en el país.
Norma técnica colombiana NTC ISO 11464	Esta norma especifica el pretratamiento requerido para muestras de suelo que se van a someter a análisis fisicoquímicos.	Especifica los cinco tipos de pretratamiento requerido para muestras de suelos.
Norma técnica Colombiana NTC 5264	Esta norma describe la determinación del pH o acidez activa de los suelos, en el laboratorio, a través de un método potenciométrico.	Comprender y gestionar adecuadamente la salud y fertilidad del suelo.
Norma técnica Colombiana NTC	Esta norma explica la determinación de la conductividad eléctrica, a través de métodos conductimétricos.	Conocer la capacidad del suelo para conducir electricidad, lo que refleja su nivel de salinidad.
Norma técnica Colombiana NTC 1495	Esta norma cubre la determinación del contenido de agua (humedad) de suelos.	Detalla los procedimientos para determinar la cantidad de agua presente en el suelo.

Nota. Tomado por autor (2024) a partir de la información disponible en la sección normativa del Ministerio de ambiente y Desarrollo sostenible, Función Pública e Icontec.



5 MARCO METODOLÓGICO

5.1 CAMPO DE APLICACIÓN.

Este informe se fundamenta en la línea de investigación de Sostenibilidad y Gestión Ambiental, se cimienta en la sublínea de Gestión Integral Ambiental del Suelo y definida dentro del área temática de Procesos de Mecánica de Suelos y Geotecnia ambiental. Este enfoque ha sido formalmente establecido en el Acuerdo N°003 del 08 de julio de 2021, expedido por la facultad de Ingeniería y Tecnológicas de la Universidad Popular del Cesar, (Unicesar, 2021).

5.2 FUNCIONES ESPECÍFICAS A DESARROLLAR

En la siguiente tabla se describen las funciones específicas asignadas al practicante en la institución (UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR).

Tabla 3.

Funciones específicas a desarrollar

TÍTULO DE LA PROPUESTA:		PRACTICAS ACADÉMICAS EN EL GRUPO DE ENERGÍAS AMBIENTE Y BIOTECNOLOGÍA (GEAB - CIDTEC) DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR: MONTAJE DE TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA EL ESTUDIO DE IMPACTOS AMBIENTALES EN SUELOS AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERÍA.
FUNCIONES ESPECÍFICAS A DESARROLLAR POR EL PRACTICANTE		
N°	FUNCIÓN	PRODUCTO
Montaje de técnicas analíticas para el estudio de impactos ambientales en suelos afectados por la actividad minería		
1	Apoyar como auxiliar las prácticas de laboratorio “edafología de suelos” a estudiantes de ingeniería ambiental y sanitaria	Contribuir a mejorar la comprensión de los conceptos teóricos relacionados con la edafología de suelos y su capacidad para realizar procedimientos de laboratorio de manera efectiva
2	Apoyar la investigación del grupo (GEAB-CIDTEC) en remediación de suelos con biochar y carbono de bajo rango.	Crecimiento profesional y desarrollo de habilidades.
3	Apoyar la difusión de conocimiento de actividades de investigación del GEAB y el programa de ingeniería ambiental y sanitaria	Promoción de la investigación, la divulgación científica, la colaboración y el involucramiento de la comunidad estudiantil.
4	Actividades complementarias que designe la empresa	Ampliar mi experiencia, fortalecer mis habilidades y ayudar con las necesidades y prioridades de la empresa

Nota. Elaborado por el autor, 2024

5.3 PERFIL DEL SUPERVISOR ASIGNADO.

En la siguiente tabla se describe la información clave y el perfil profesional del supervisor asignado para el desarrollo de estas prácticas académicas.

Tabla 4.

Perfil del supervisor asignado.

Nombre Supervisor	DIAZ MUEGUE LUIS CARLOS
Perfil profesional	Ingeniero en mina, con doctorado en ingeniería. Tiene amplia experiencia en planificación y gestión minero ambiental, caracterización edafológica de suelos sometidos a actividades extractivas de recurso minero, tratamiento de tecnosoles mineros, remediación, rehabilitación, restauración ecológica; investigación y desarrollo tecnológico de materiales para tratamientos de suelos y aguas afectadas por minería metálica y no metálica con aplicación específica de biochar, carbón activado y pirolisis de biomasa para suelos naturales y tecnosoles (compost, vermicompost, cocompostaje con residuos orgánico); gestor del conocimiento en proyectos de ciencia, tecnología e innovación, en prospectiva científica y vigilancia tecnológica.
Estudios Realizados	<ul style="list-style-type: none"> • Doctorado en ingeniería. • Especialización en combustión de carbono. • Ingeniero de minas
Experiencia Profesional	Veinte (20) años en docencia universitaria e investigación academia.
Tipo de contratación	Docente ocasional UNICESAR - UNIANDINA
N° Matricula Profesional	15217088782BYC

Nota. Elaborado por el autor, 2024

5.4 DESARROLLO METODOLÓGICO

En la tabla siguiente se presentan las fases en las que se llevaron a cabo las prácticas académicas, junto con las actividades correspondientes. Cada fase se corresponde con un objetivo planteado, siguiendo un orden cronológico según lo establecido por el Comité de Investigación del Programa IAS (2022).

Tabla 5.

Desarrollo metodológico

FASE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS/ INSTRUMENTOS/TÉCNICAS
Elaboración de una base de datos que recoja información sobre los diferentes análisis de suelos utilizados para evaluar impactos provocados por la minería.	Revisión bibliográfica	Revisar artículos científicos, libros, informes técnicos y otras fuentes confiables sobre análisis de suelos en minería.
	Identificación de parámetros clave	Determinar los parámetros analizados, la ubicación geográfica de las muestras, el tipo de suelo, los contaminantes analizados y los métodos de análisis utilizados
	Diseño de la estructura de la base de datos	Determinar las tablas, campos y relaciones necesarias para representar la información de manera coherente y accesible.
Realización del montaje de técnicas analíticas para caracterizar suelos afectados por actividad minera.	Selección de métodos adecuados	Revisar la literatura científica y consultar a expertos para seleccionar los métodos de análisis más adecuados para cada parámetro.
	Desarrollo de protocolos de análisis	Documentar protocolos de análisis detallados para cada técnica analítica seleccionada, especificando los pasos necesarios para llevar a cabo cada uno.
	Aplicación de técnicas analíticas	Aplicación de técnicas analíticas específicas para medir y caracterizar diversos parámetros del suelo, utilizando los protocolos de análisis
Análisis los resultados de muestras de suelos llevadas al laboratorio, para conocer el estado actual de áreas afectadas por minería.	Documentación de resultados	Documentar cuidadosamente todos los resultados obtenidos.
	Interpretación de resultados	Examinar los valores numéricos de los parámetros analizados para conocer el impacto que tiene el suelo minero
	Recomendaciones y acciones correctivas	Incluir medidas de remediación del suelo, prácticas de manejo ambiental, monitoreo continuo y seguimiento.

Nota. Elaborado por el autor, 2024

6 PRODUCTOS Y RESULTADOS

A continuación, se detallan los productos y resultados obtenidos de las actividades propuestas en cada fase que fueron ejecutadas para la realización de este proyecto.

6.1 ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS QUE RECOJA INFORMACIÓN SOBRE LOS DIFERENTES ANÁLISIS DE SUELOS UTILIZADOS PARA EVALUAR IMPACTOS PROVOCADOS POR LA MINERÍA.

En esta etapa del proyecto, inicialmente, se realizó una exhaustiva búsqueda bibliográfica en bases de datos indexadas, con el propósito de identificar estudios y referencias relevantes en el ámbito del análisis de suelos mineros. Posteriormente, se procedió a la identificación de parámetros clave, incluyendo los métodos analíticos utilizados en los estudios revisados. Con esta información, se diseñó la estructura de una base de datos en Excel, donde se organizaron los parámetros según los autores y métodos, permitiendo una sistematización eficaz de los datos para su posterior análisis.

6.1.1 *Revisión bibliográfica.*

En la búsqueda bibliográfica se llevó a cabo una revisión sistemática utilizando tres bases de datos de revistas indexadas: Scopus, Google Académico y Web of Science, con el objetivo de recopilar información relevante sobre técnicas analíticas para el estudio de impactos ambientales en suelos afectados por la actividad minera. Se seleccionaron términos específicos para cada base de datos en función de la investigación. En Scopus, se emplearon términos como "Environmental impact of mining" y "Soil analysis techniques mining". En Web of Science, se utilizaron "Soil contamination mining" y "Analytical methods for mining soils". En Google Académico, se utilizaron términos en español como "Impacto ambiental minería" y "Contaminantes en suelos mineros".

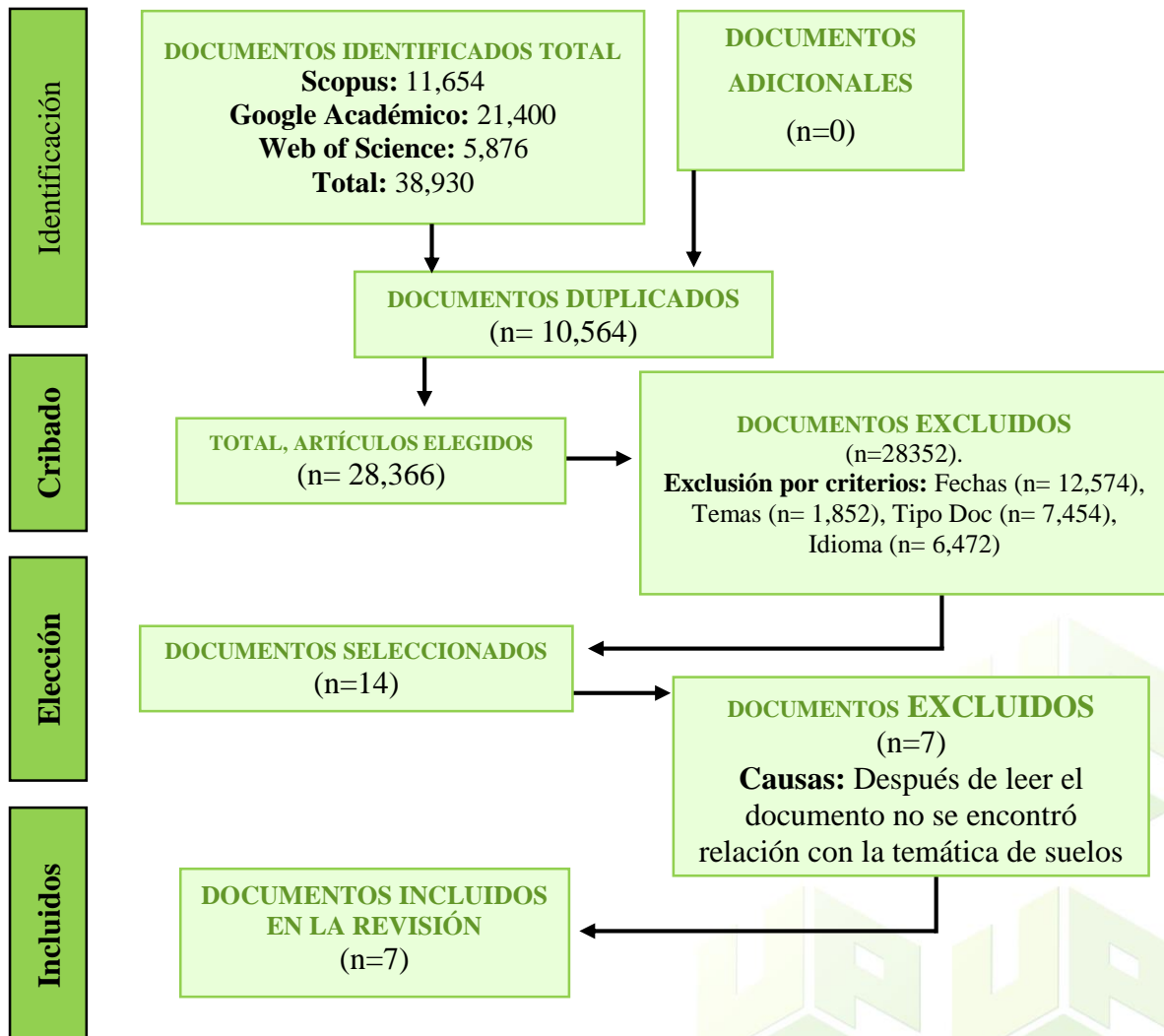
Para garantizar la relevancia y calidad de los documentos revisados, se establecieron criterios de inclusión y exclusión estrictos de acuerdo a Fernández (2020). Se incluyeron únicamente documentos como artículos científicos y tesis de grado, disponibles en inglés y español, y que no superaran los diez años desde su publicación. Además, se priorizó la selección por temática, asegurando que los estudios estuvieran directamente relacionados con

el análisis de suelos en contextos mineros. Asimismo, se excluyeron documentos duplicados para evitar redundancias en la información. Tras la recopilación inicial de documentos, se procedió a la lectura detallada de su estructura, permitiendo seleccionar aquellos que aportaban información técnica y científica relevante para el desarrollo de la investigación.

De acuerdo con la búsqueda realizada y aplicando rigurosamente los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos, se generó el siguiente diagrama de flujo que detalla el proceso completo de selección de los artículos y tesis que fueron finalmente incorporados en el estudio.

Figura 5.

Diagrama de flujo con la inclusión de los documentos



Nota. Elaborado por el autor, 2024.

En la siguiente tabla se presentan los artículos seleccionados en la revisión sistemática junto con la aplicabilidad o aporte a la presente investigación en cuanto a las técnicas utilizados para evaluar impactos provocados por la minería.

Tabla 6.
Artículos seleccionados

ARTICULOS SELECCIONADOS			
TITULO	AÑO	AUTOR(ES)	APORTE
Tratamiento de suelos mineros mediante co-compostaje con biochar, estiércol ovino y residuos Orgánicos domiciliarios	2020	Luís Díaz, Hotman Laguna, Yenireth Gutiérrez, Aslenis Melo y Ana Vega	Este artículo contribuye significativamente a la investigación al ofrecer un procedimiento detallado para el análisis de parámetros en suelos mineros y proporcionar las normas técnicas colombianas relevantes para estos procedimientos.
Efecto de los fertilizantes orgánicos líquidos fermentados en la conductividad eléctrica y concentración de micronutrientes en el suelo cultivado con Lactuca sativa L y Spinnacca oleraceae L.	2018	Gamboia, Beltrán, Molano y Cobos	Este artículo proporciona una metodología detallada para el análisis de la conductividad eléctrica del suelo, un parámetro clave para evaluar el impacto ambiental en suelos mineros.
Estudio de la conductividad eléctrica en muestras de suelo provenientes de las zonas mineras cercanas a la ciudad de Guanajuato	2018	Merino Silva Luis Manuel y Rodríguez Robelo María del Carmen	Este artículo ofrece instrucciones precisas para la preparación de muestras de suelo para el análisis de la conductividad eléctrica
Degradación de residuos aceitosos provenientes de actividades mineras en la Guajira, Colombia	2018	Carlos Julio Doria Argumedo	Este artículo proporciona métodos detallados para el análisis de parámetros del suelo, así como una evaluación de los impactos específicos en suelos mineros
Fitorremediación por Helianthus Annuus. L en la disminución de cobre en los suelos mineros de cuculí para uso agrícola	2017	Valencia Vélez, Giulianna	Esta tesis de grado proporciona un procedimiento detallado para la medición de parámetros esenciales que permiten evaluar el impacto de suelos mineros
Propiedades edáficas de parcelas cultivadas con milpa usando labranza mínima en la sierra de Oaxaca, donde crecía bosque mesófilo de montaña	2016	Irma Reyes-Jaramillo	Este artículo le proporciona a mi investigación la metodología de medir el parámetro color del suelo.
Variabilidad espacial de las propiedades físicas de un suelo Fluventic Ustropepts en la	2015	Rocío del Pilar Vargas, Fernando	Este artículo describe las propiedades físicas del suelo y ofrece métodos para medir estos parámetros. La información proporcionada

ARTICULOS SELECCIONADOS

TITULO	AÑO	AUTOR(ES)	APORTE
cuenca bajadel río Las Ceibas - Huila		Serrato y Armando Torrente	es esencial para evaluar la variabilidad espacial y la magnitud del impacto ambiental en los suelos, ayudando a comprender mejor cómo afectan los procesos ambientales a diferentes áreas.

Nota. Elaborado por el autor, 2024.

6.1.2 Identificación de parámetros clave.

En esta actividad, se identificaron los parámetros clave para el estudio de impactos ambientales en suelos afectados por la actividad minera, tomando en cuenta tanto la literatura revisada como la disponibilidad de equipos y reactivos en el laboratorio de suelos de la Universidad Popular del Cesar. Debido a limitaciones en los equipos y reactivos disponibles, no se incluyeron otros parámetros que podrían haber sido relevantes. El pH del suelo se seleccionó como un parámetro fundamental debido a su impacto en la acidez o alcalinidad, lo que afecta la disponibilidad de nutrientes y la toxicidad de metales pesados, indicadores clave de la salud del suelo en contextos mineros (Trujillo, 2015). El color del suelo se consideró por su capacidad para reflejar cambios en la composición y presencia de contaminantes, ofreciendo una evaluación visual del impacto ambiental (Lozano, 2018). La conductividad eléctrica (CE) se eligió para medir la cantidad de sales solubles y detectar problemas de salinización, según Pérez y Martín (2015) es importante para entender cómo la minería altera la capacidad del suelo para soportar vegetación.

La textura del suelo, que afecta la retención de agua y nutrientes, fue incluida para comprender cómo el suelo responde a la actividad minera en términos de su estructura y capacidad de retención de contaminantes (Trujillo, 2015). También se seleccionó la humedad y retención de humedad, según Romero y Rivera (2020) la humedad del suelo es importante para evaluar la disponibilidad de agua para las plantas, mientras que la retención de humedad es esencial para conocer cómo el suelo conserva agua durante períodos secos.

- **Resumen de parámetros seleccionados**

- ❖ pH
- ❖ Color
- ❖ Conductividad

- ❖ Textura
- ❖ Humedad
- ❖ Retención de humedad

6.1.3 *Diseño de la estructura de la base de datos*

Tras la revisión de artículos y tesis de grado relevantes, se procedió a desarrollar una base de datos en Excel, disponible en línea, que proporciona un recurso técnico clave para el análisis de suelos. Esta base de datos detalla los procedimientos para la preparación de muestras y el análisis de parámetros críticos. Incluye una lista desplegable con los parámetros establecidos y proporciona información técnica esencial, como el método utilizado, el año de publicación del documento de referencia, el autor, el enlace de acceso, y una descripción detallada del método junto con los materiales, equipos e insumos requeridos. Cabe destacar que los métodos que se encuentran fueron tomados porque son los que mas se adaptan a las condiciones del laboratorio de suelo de la Universidad Popular del Cesar.

La importancia de esta base de datos radica en su capacidad para centralizar y sistematizar información técnica diversa, lo que facilita el acceso a métodos de análisis específicos para estudiantes e investigadores. Al ofrecer una guía detallada y estructurada, la base de datos no solo optimiza el proceso de preparación y análisis de muestras, sino que también garantiza la estandarización de procedimientos y la replicabilidad de los resultados. Esto es importante para asegurar la precisión en la evaluación de impactos ambientales en suelos mineros y para apoyar la formación académica de futuros profesionales en el campo. La base de datos sirve como una herramienta de referencia accesible y eficaz, promoviendo la consistencia y calidad en los estudios de parámetros de suelos. La figura a continuación ilustra la estructura de esta base de datos.

Figura 6.

Estructura de la base de datos

BASE DE DATOS	
PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	Para preparar las muestras de suelo, primero toma una muestra representativa y colócala en la picadora para reducir su tamaño. Luego, transfiera la muestra picada al molino y tritúrala hasta obtener una consistencia fina y homogénea. Finalmente, utiliza una balanza calibrada para pesar la cantidad exacta de muestra necesaria para cada análisis.
PARÁMETRO	Color 1
MÉTODO	Carta de Color de Munsell
AÑO DE PUBLICACIÓN	2016
AUTOR	Irma Reyes-Jaramillo
LINK DE ACCESO	https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-27682016000100133&script=sci_arttext
DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO	El proceso consiste en tomar una muestra representativa, humedecerla si es necesario, y compararla con la carta para identificar el matiz, valor, y croma más cercanos. El color se registra en notación Munsell, proporcionando una descripción precisa y estandarizada del color del suelo.
MATERIALES, EQUIPOS, E INSUMOS	Carta de Color de Munsell, muestra de suelo representativa, agua destilada, beakers o recipientes para muestras de suelo, guantes, espátula o cucharilla, luz natural o lámpara con luz estándar

Nota. ¹ representa la lista desplegable de los parámetros, allí se presentan todos los parámetros establecidos. Fuente: elaborado por el autor, 2024. Para acceder a la tabla en línea se presenta el siguiente link de acceso: https://docs.google.com/spreadsheets/d/165fcxz4Ot32Lfe2Pck7A_OyPxr_0mKdK/edit?usp=sharing&ouid=106298140216019607286&rtfpof=true&sd=true

6.2 REALIZACIÓN DEL MONTAJE DE TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA CARACTERIZAR SUELOS AFECTADOS POR ACTIVIDAD MINERA.

En esta fase, primero se seleccionaron las técnicas analíticas adecuadas, basándose en la revisión bibliográfica y las capacidades del laboratorio. Luego, se desarrollaron protocolos detallados para garantizar la precisión y consistencia en los análisis, especificando los pasos y requisitos necesarios. Finalmente, se llevó a cabo el montaje y la preparación de los equipos, configurando y calibrando los instrumentos, y preparando las muestras para su análisis,

asegurando que las técnicas se implementaran de manera efectiva y que los resultados fueran fiables.

6.2.1 Selección de métodos analíticos adecuados.

En la primera actividad de esta fase, se revisó exhaustivamente la literatura científica y se consultó a expertos para seleccionar los métodos de análisis más adecuados para cada parámetro. Basándose en los artículos y tesis escogidos durante la revisión sistemática, se identificaron las técnicas más relevantes. Además, se tuvo en cuenta la valiosa orientación de los profesores de suelos de la Universidad Popular del Cesar, quienes proporcionaron recomendaciones basadas en su amplio conocimiento y experiencia. Se consideró también la disponibilidad de equipos e insumos en los laboratorios de la universidad, dado que algunos métodos requieren equipos más avanzados que no están disponibles en la institución.

En consecuencia, se seleccionaron técnicas prácticas y viables con los recursos disponibles, las cuales están detalladas en la base de datos creada en la actividad 3 de la primera fase y evidenciadas en la siguiente tabla.

Tabla 7.

Método analítico seleccionado

MÉTODO ANALÍTICO SELECCIONADO	
PARÁMETRO	MÉTODO SELECCIONADO
pH	NTC 1495
Color	Carta de Color de Munsell
Conductividad	NTC 5596
Textura	Método debouyoucos
Humedad	NTC 5167
Retención de humedad	Método de percolación

Nota. Realizado por autores, 2024

6.2.2 Desarrollo de protocolos de análisis.

En el desarrollo de protocolos de análisis, se documentaron de manera detallada los procedimientos para cada técnica analítica seleccionada. Se especificaron minuciosamente los pasos necesarios para llevar a cabo cada análisis, asegurando una ejecución precisa y consistente. Cada protocolo incluye instrucciones detalladas sobre la preparación de muestras y la ejecución del análisis, ajustado a las técnicas previamente escogidas. A continuación, se presentan los protocolos documentados para cada parámetro seleccionado.

6.2.2.1 Ph

En la siguiente tabla se presenta el protocolo de análisis del pH en donde se detallan el procedimiento para la técnica seleccionada

Tabla 8.

Protocolos de análisis para el pH

PROTOCOLOS DE ANÁLISIS PARA EL pH	
OBJETIVO	Asegurar una medición precisa y consistente del pH en muestras de suelo minero, permitiendo evaluar su condición química de manera confiable.
PREPARACIÓN DE MUESTRAS	Tome una muestra representativa de suelo y reduzca su tamaño usando una picadora. Luego, tritúrela en un molino hasta obtener una consistencia fina y homogénea. Utilice una balanza calibrada para pesar con precisión la cantidad de suelo necesaria para cada análisis, así como las cantidades exactas de reactivos y soluciones requeridos para los procedimientos.
PROCEDIMIENTO	Calibración del pH-metro Preparar soluciones buffer de pH conocido, como pH 4.0 y pH 7.0. Calibrar el pH-metro utilizando estas soluciones buffer, ajustando el instrumento hasta obtener lecturas exactas.
	Preparación de muestras y soluciones buffer Extraer una muestra representativa de suelo y suspenderla en agua destilada en un beaker. Preparar las soluciones buffer de pH en matraces aforados, asegurando su correcta etiquetación.
	Medición del pH de las muestras Introducir el electrodo del pH-metro en la suspensión de suelo y agitar con la varilla de agitación. Registrar la lectura del pH, asegurando la limpieza y calibración del electrodo entre cada medición.
	Interpretación de Resultados Verificar la precisión de las mediciones comparando las lecturas del pH-metro con los valores de las soluciones buffer.

PROTOCOLOS DE ANÁLISIS PARA EL pH	
OBJETIVO	Asegurar una medición precisa y consistente del pH en muestras de suelo minero, permitiendo evaluar su condición química de manera confiable.
PREPARACIÓN DE MUESTRAS	Tome una muestra representativa de suelo y reduzca su tamaño usando una picadora. Luego, tritúrela en un molino hasta obtener una consistencia fina y homogénea. Utilice una balanza calibrada para pesar con precisión la cantidad de suelo necesaria para cada análisis, así como las cantidades exactas de reactivos y soluciones requeridos para los procedimientos.
	Interpretar los valores de pH obtenidos en función de la escala estándar y registrar los resultados en el informe de análisis.
MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Agitador magnético. ✚ Beakers y probetas. ✚ Matraces volumétricos aforados. ✚ Muestras de suelo. ✚ Soluciones buffer de pH conocido. ✚ pH-metro calibrado. ✚ Pipetas y buretas para medir volúmenes. ✚ Varillas de agitación.

Nota. Realizado por autores, 2024

6.2.2.2 Color

En la siguiente tabla se presenta el protocolo de análisis del Color en donde se detallan el procedimiento para la técnica seleccionada

PROTOCOLOS DE ANÁLISIS PARA EL COLOR	
OBJETIVO	Determinar la precisión de la coincidencia de color observando las variaciones con la Carta de Color de Munsell.
PREPARACIÓN DE MUESTRAS	Tome una muestra representativa de suelo y reduzca su tamaño usando una picadora. Luego, tritúrela en un molino hasta obtener una consistencia fina y homogénea. Utilice una balanza calibrada para pesar con precisión la cantidad de suelo necesaria para cada análisis, así como las cantidades exactas de reactivos y soluciones requeridos para los procedimientos.
PROCEDIMIENTO	Medición del color Colocar una porción de la muestra tamizada en un beaker o superficie plana. Llevar la muestra preparada a una zona con luz natural uniforme, evitando sombras. Comparar el color del suelo con las fichas de la Carta de Color de Munsell, encontrando la coincidencia más cercana en términos de matiz, valor y croma.
	Interpretación de Resultados Registrar el color del suelo en términos de matiz, valor y croma según la Carta de Color de Munsell.

PROCOLOS DE ANÁLISIS PARA EL COLOR	
OBJETIVO	Determinar la precisión de la coincidencia de color observando las variaciones con la Carta de Color de Munsell.
PREPARACIÓN DE MUESTRAS	Tome una muestra representativa de suelo y reduzca su tamaño usando una picadora. Luego, tritúrela en un molino hasta obtener una consistencia fina y homogénea. Utilice una balanza calibrada para pesar con precisión la cantidad de suelo necesaria para cada análisis, así como las cantidades exactas de reactivos y soluciones requeridos para los procedimientos.
	Evaluar las posibles alteraciones del suelo según el color, considerando factores como la presencia de materia orgánica o minerales.
MATERIALES, EQUIPOSE	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Beaker o superficie plana. ✚ Carta de Color de Munsell. ✚ Espátula para manipular la muestra. ✚ Muestras de suelo. ✚ Tamiz (generalmente de 2 mm).

Nota. Realizado por autores, 2024

6.2.2.3 Conductividad









En la siguiente tabla se presenta el protocolo de análisis de la conductividad eléctrica en donde se detallan el procedimiento para la técnica seleccionada

Tabla 9.

Protocolos de análisis para la conductividad eléctrica

PROCOLOS DE ANÁLISIS PARA LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	
OBJETIVO	Asegurar la determinación precisa de la conductividad eléctrica del suelo, lo cual permite evaluar su capacidad para conducir corriente eléctrica y, por lo tanto, inferir su nivel de salinidad.
PREPARACIÓN DE MUESTRAS	Tome una muestra representativa de suelo y reduzca su tamaño usando una picadora. Luego, tritúrela en un molino hasta obtener una consistencia fina y homogénea. Utilice una balanza calibrada para pesar con precisión la cantidad de suelo necesaria para cada análisis, así como las cantidades exactas de reactivos y soluciones requeridos para los procedimientos.
PROCEDIMIENTO	Calibración del conductímetro Preparar las soluciones patrón con valores de conductividad eléctrica previamente establecidos. Realizar la calibración del conductímetro con estas soluciones para garantizar mediciones precisas.
	Preparación de muestras y soluciones patrón Seleccionar una muestra de suelo representativa y mezclada con agua destilada en un beaker. Disponer las soluciones patrón de conductividad eléctrica conocida en matraces volumétricos, etiquetándolas de manera adecuada.

PROTOCOLOS DE ANÁLISIS PARA LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA










OBJETIVO	Asegurar la determinación precisa de la conductividad eléctrica del suelo, lo cual permite evaluar su capacidad para conducir corriente eléctrica y, por lo tanto, inferir su nivel de salinidad.				
PREPARACIÓN DE MUESTRAS	Tome una muestra representativa de suelo y reduzca su tamaño usando una picadora. Luego, tritúrela en un molino hasta obtener una consistencia fina y homogénea. Utilice una balanza calibrada para pesar con precisión la cantidad de suelo necesaria para cada análisis, así como las cantidades exactas de reactivos y soluciones requeridas para los procedimientos.				
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="284 562 687 748">Medición de la conductividad eléctrica de las muestras</td> <td data-bbox="687 562 1394 748">Insertar el electrodo del conductímetro en la muestra de suelo y agitar suavemente con la varilla</td> </tr> <tr> <td data-bbox="284 748 687 936">Interpretación de Resultados</td> <td data-bbox="687 748 1394 936"> Registrar las lecturas obtenidas, asegurándose de limpiar y recalibrar el electrodo antes de cada medición para mantener la precisión. Contrastar las lecturas obtenidas con las soluciones patrón para validar la precisión de las mediciones. Evaluar los resultados basándose en los estándares de conductividad eléctrica y registrarlos en el informe de análisis correspondiente. </td> </tr> </table>	Medición de la conductividad eléctrica de las muestras	Insertar el electrodo del conductímetro en la muestra de suelo y agitar suavemente con la varilla	Interpretación de Resultados	Registrar las lecturas obtenidas, asegurándose de limpiar y recalibrar el electrodo antes de cada medición para mantener la precisión. Contrastar las lecturas obtenidas con las soluciones patrón para validar la precisión de las mediciones. Evaluar los resultados basándose en los estándares de conductividad eléctrica y registrarlos en el informe de análisis correspondiente.
Medición de la conductividad eléctrica de las muestras	Insertar el electrodo del conductímetro en la muestra de suelo y agitar suavemente con la varilla				
Interpretación de Resultados	Registrar las lecturas obtenidas, asegurándose de limpiar y recalibrar el electrodo antes de cada medición para mantener la precisión. Contrastar las lecturas obtenidas con las soluciones patrón para validar la precisión de las mediciones. Evaluar los resultados basándose en los estándares de conductividad eléctrica y registrarlos en el informe de análisis correspondiente.				
MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS	<ul style="list-style-type: none">  Agitador magnético.  Beakers y probetas.  Conductímetro calibrado.  Matraces volumétricos aforados.  Muestras de suelo.  Pipetas y buretas para medir volúmenes.  Soluciones patrón con conductividad eléctrica conocida.  Varillas de agitación. 				

Nota. Realizado por autores, 2024

6.2.2.4 Textura

En la siguiente tabla se presenta el protocolo de análisis de la textura del suelo en donde se detallan el procedimiento para la técnica seleccionada

Tabla 10.
Protocolos de análisis para la textura del suelo

PROTOSCOLOS DE ANÁLISIS PARA LA TEXTURA DEL SUELO		
OBJETIVO	Asegurar la determinación precisa de la textura del suelo mediante el Método de Bouyoucos.	
PREPARACIÓN DE MUESTRAS	Tome una muestra representativa de suelo y reduzca su tamaño usando una picadora. Luego, tritúrela en un molino hasta obtener una consistencia fina y homogénea. Utilice una balanza calibrada para pesar con precisión la cantidad de suelo necesaria para cada análisis, así como las cantidades exactas de reactivos y soluciones requeridos para los procedimientos.	
PROCEDIMIENTO	Selección de muestra	Seleccionar una muestra representativa de suelo y secarla al aire.
		Triturar la muestra y tamizarla para eliminar partículas gruesas y residuos orgánicos.
	Preparación de muestras y soluciones patrón	Pesar una cantidad específica de suelo seco y transferirla a un cilindro graduado de 1000 ml.
		Añadir una cantidad medida de dispersante químico al cilindro.
		Llenar el cilindro con agua destilada hasta la marca de 1000 ml y agitar vigorosamente para dispersar las partículas de suelo.
	Medición de la textura del suelo	Insertar el electrodo del conductímetro en la muestra de suelo y agitar suavemente con la varilla
		Tomar una segunda lectura con el hidrómetro después de 2 horas, lo que refleja la cantidad de limo en la muestra.
		Calcular la cantidad de arcilla como la diferencia entre el total de sólidos y la suma de arena y limo
	Interpretación de Resultados	Utilizar las lecturas obtenidas para calcular el porcentaje de arena, limo y arcilla en la muestra.
		Clasificar la textura del suelo utilizando el triángulo textural del suelo y registrar los resultados en el informe de análisis correspondiente
	MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS	<ul style="list-style-type: none">  Agua destilada.  Cilindros graduados de 1000 ml.  Cronómetro.  Dispersante químico (por ejemplo, hexametáfosfato de sodio).  Hidrómetro de Bouyoucos.  Muestras de suelo.  Pipetas y buretas.  Termómetro.  Varillas de agitación.

Nota. Realizado por autores, 2024








6.2.2.5 Humedad

Tabla 11.
Protocolos de análisis para la humedad del suelo

PROTOSCOLOS DE ANÁLISIS PARA LA HUMEDAD DEL SUELO	
OBJETIVO	Asegurar la determinación precisa del contenido de humedad en el suelo utilizando el método de la NTC 1495.
PREPARACIÓN DE MUESTRAS	Tome una muestra representativa de suelo y reduzca su tamaño usando una picadora. Luego, tritúrela en un molino hasta obtener una consistencia fina y homogénea. Utilice una balanza calibrada para pesar con precisión la cantidad de suelo necesaria para cada análisis, así como las cantidades exactas de reactivos y soluciones requeridos para los procedimientos.
PROCEDIMIENTO	Preparación de muestras y soluciones patrón Tomar una muestra representativa de suelo y colocarla en un recipiente resistente al calor. Pesar el recipiente vacío y luego con la muestra de suelo, registrando ambos pesos para calcular la masa inicial de la muestra.
	Secado de la muestra Colocar el recipiente con la muestra de suelo en el horno de secado, ajustado a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, y dejar secar durante un período de 24 horas o hasta alcanzar un peso constante. Retirar el recipiente del horno utilizando pinzas de laboratorio y dejar enfriar en un desecador para evitar la absorción de humedad del ambiente.
	Medición de la humedad del suelo Pesar el recipiente con la muestra de suelo seco y registrar el peso final. Calcular el contenido de humedad del suelo como el porcentaje de pérdida de peso durante el proceso de secado, en relación con el peso inicial de la muestra.
	Interpretación de Resultados Comparar el contenido de humedad obtenido con los valores estándar para suelos similares. Registrar los resultados en el informe de análisis, destacando las posibles implicaciones de los niveles de humedad en la evaluación del suelo.
MATERIALES, EQUIPOSE	<ul style="list-style-type: none">  Muestras de suelo.  Balanza de precisión.  Horno de secado (capaz de mantener una temperatura constante de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$).  Desecador.  Recipientes resistentes al calor.  Pinzas de laboratorio.

Nota. Realizado por autores, 2024

6.2.2.6 Retención de humedad

PROTOCOLOS DE ANÁLISIS PARA LA RETENCIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO		
OBJETIVO	Asegurar la determinación precisa de la capacidad del suelo para retener agua mediante el Método de Percolación.	
PREPARACIÓN DE MUESTRAS	Tome una muestra representativa de suelo y reduzca su tamaño usando una picadora. Luego, tritúrela en un molino hasta obtener una consistencia fina y homogénea. Utilice una balanza calibrada para pesar con precisión la cantidad de suelo necesaria para cada análisis, así como las cantidades exactas de reactivos y soluciones requeridos para los procedimientos.	
PROCEDIMIENTO	Proceso de percolación	Colocar una cantidad específica de muestra de suelo en un papel filtro y situar el papel filtro dentro de un embudo.
		Colocar el embudo con el papel filtro y la muestra de suelo en una probeta graduada.
		Verter lentamente una cantidad medida de agua destilada sobre la muestra de suelo en el embudo.
		Permitir que el agua percole a través del suelo y se recoja en la probeta.
	Medición de la retención de humedad	Una vez que la percolación haya terminado, medir el volumen de agua que ha sido recolectada en la probeta.
		Calcular la cantidad de agua retenida por el suelo restando el volumen de agua recolectada del volumen total de agua inicialmente aplicado.
		Registrar la retención de humedad como un porcentaje del volumen total de agua aplicado
	Interpretación de Resultados	Comparar la capacidad de retención de humedad del suelo con los valores estándar para suelos similares.
		Evaluar las implicaciones de los niveles de retención de humedad en la calidad del suelo y su capacidad para soportar la vegetación.
MATERIALES, EQUIPOS E	<ul style="list-style-type: none">  Agua destilada.  Balanza de precisión.  Beakers.  Embudos.  Muestras de suelo.  Papel filtro.  Probetas graduadas. 	

Nota. Realizado por autores, 2024

6.2.3 Aplicación de técnicas analíticas.

Luego de establecer los protocolos de análisis para los parámetros del suelo, estos fueron implementados en el laboratorio de la Universidad Popular del Cesar durante la fase de prácticas para evaluar su eficacia. Se llevaron a cabo mediciones precisas de los parámetros establecidos: pH, color, conductividad, textura, humedad y retención de humedad en una muestra de suelo tomada de la Zona carbonífera del Cesar. La aplicación de estos protocolos permitió una evaluación sistemática y rigurosa de las muestras de suelo, asegurando que los procedimientos fueran efectivos y replicables en el contexto del laboratorio. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla a continuación.

Tabla 12.

Resultados de las pruebas o técnicas analíticas

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS O TÉCNICAS ANALÍTICAS			
PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
pH	NTC 5264	7.47	-
Color (seco)	Carta de Color de Munsell	Pardo amarillento oscuro	-
Conductividad	NTC 5596	104.3	μS/cm
Textura	Método debouyoucos	Franco arenoso	-
Humedad	NTC 1495	12	%
Retención de humedad	Método de percolación	20	%

6.3 ANÁLISIS LOS RESULTADOS DE MUESTRAS DE SUELOS LLEVADAS AL LABORATORIO, PARA CONOCER EL ESTADO ACTUAL DE ÁREAS AFECTADAS POR MINERÍA.

En esta última fase del informe de prácticas, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos de las muestras de suelo afectadas por la actividad minera. Este análisis permitió determinar el estado actual de las áreas en estudio, identificando las principales

afectaciones y posibles riesgos asociados. A partir de estos hallazgos, se propusieron medidas de remediación del suelo, incluyendo prácticas de manejo ambiental específicas, junto con recomendaciones para el monitoreo continuo y seguimiento de las áreas afectadas, con el fin de garantizar la recuperación y sostenibilidad ambiental de las mismas.

6.3.1 Documentación de resultados

Para documentar estos resultados, se utilizó la misma base de datos desarrollada anteriormente, en la cual se incluyó un apartado específico con los resultados de las pruebas realizadas mediante las técnicas analíticas seleccionadas. Esto facilita el acceso a la información relevante y permite una consulta más ágil de los datos. Para acceder a la base de datos, se puede utilizar el siguiente enlace: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1df1EJ-BTyEHaROpgpdLxgPt1Yu_GSnj/edit?usp=sharing&oid=106298140216019607286&rtpof=true&sd=true

6.3.2 Interpretación de resultados

Este análisis se centró en evaluar el estado actual de la muestra tomada de la zona carbonífera del Cesar, con el objetivo de identificar las principales afectaciones a los suelos y los posibles riesgos ambientales asociados. En este sentido, se presentan los análisis por cada parámetro evaluado en la muestra de suelo.

6.3.2.1 pH

El pH del suelo, que en este caso se registró en 7.47, es un indicador clave del equilibrio químico del suelo y su capacidad para soportar diversas formas de vida vegetal y microorganismos (Osorio, 2012). Este valor ligeramente alcalino sugiere que el suelo tiene una tendencia hacia la neutralización de ácidos, lo cual puede estar influenciado por la presencia de minerales específicos. Según Mahecha et al. (2016) en suelos de zonas carboníferas, es común encontrar minerales como carbonatos de calcio (CaCO_3) y magnesio (MgCO_3), que tienen propiedades alcalinas y pueden elevar el pH del suelo. Estos carbonatos son subproductos típicos de la descomposición de materiales carboníferos y de la meteorización de rocas sedimentarias. Además, la presencia de minerales de arcilla, como la montmorillonita, también puede contribuir a mantener un pH cercano a la neutralidad debido a su capacidad para intercambiar cationes y neutralizar ácidos.

El pH de 7.47 es adecuado para la mayoría de las plantas, ya que permite una buena disponibilidad de nutrientes esenciales, como el nitrógeno, fósforo y potasio, que son cruciales para el crecimiento vegetal. Sin embargo, es importante monitorear este parámetro continuamente, ya que cambios en las condiciones ambientales o en las prácticas de manejo del suelo pueden alterar su balance químico, afectando la salud del ecosistema.

6.3.2.2 Color

El color del suelo, identificado como "Pardo amarillento oscuro" según la Carta de Color de Munsell, puede estar asociado con la presencia de materia orgánica en proceso de descomposición, así como con óxidos de hierro y manganeso. Según Domínguez et al. (2012) los suelos pardos suelen tener un contenido significativo de materia orgánica, que contribuye a la coloración más oscura, mientras que los tonos amarillentos sugieren la presencia de goethita, un óxido de hierro hidratado que se forma en ambientes donde hay fluctuaciones de humedad. Este mineral es común en suelos que han estado expuestos a procesos de oxidación, a menudo como resultado de la alteración de minerales sulfúricos presentes en las rocas carboníferas. La combinación de estos elementos en el suelo no solo influye en su coloración, sino que también puede indicar la existencia de procesos de meteorización y la historia geológica del área.

6.3.2.3 Conductividad

La conductividad eléctrica del suelo, registrada en 104.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, es un indicador clave del contenido de sales solubles presentes en el suelo, que a su vez influye en la capacidad del suelo para conducir electricidad (García et al., 2011). En este caso, el valor obtenido sugiere un bajo nivel de sales solubles, lo cual es favorable para la mayoría de las plantas, ya que un exceso de sales puede provocar estrés hídrico y reducir la capacidad de las raíces para absorber agua y nutrientes. La baja conductividad observada puede estar relacionada con la composición mineral del suelo, donde posiblemente predominan minerales que no liberan grandes cantidades de iones solubles en agua, como silicatos y óxidos de hierro (Arranz, 2011).

Además, en suelos de la zona carbonífera del Cesar, es posible que la lixiviación de minerales solubles haya reducido la acumulación de sales en la superficie, manteniendo la conductividad en niveles bajos. Este resultado también sugiere que el suelo no ha sido

significativamente afectado por la salinización, un problema común en áreas con alta evaporación o uso intensivo de fertilizantes químicos. Sin embargo, es importante considerar que la conductividad puede variar según las condiciones climáticas y las prácticas de manejo del suelo, por lo que un monitoreo continuo es esencial para garantizar que los niveles de salinidad se mantengan adecuados para el crecimiento vegetal y la salud del ecosistema en general

6.3.2.4 Textura

Un suelo franco arenoso es un suelo que presenta bastante arena pero que cuenta también con limo y arcilla, lo cual le otorga algo más de coherencia entre partículas., lo que le confiere características específicas que afectan tanto su manejo como su capacidad para soportar la vegetación (Ramos et al., 2019).

Según García et al. (2019) este tipo de textura es característico por su buena capacidad de drenaje, lo que significa que el agua se infiltra rápidamente, reduciendo el riesgo de encharcamiento y permitiendo que las raíces de las plantas respiren adecuadamente. Sin embargo, esta misma propiedad también implica que el suelo tiene una menor capacidad para retener agua y nutrientes, lo que puede ser un desafío en términos de mantener la fertilidad y la humedad del suelo, especialmente en climas más secos o durante períodos prolongados sin lluvia.

Los suelos franco arenosos son fáciles de trabajar, lo que los hace adecuados para la agricultura, pero requieren una gestión cuidadosa de la fertilización y el riego para asegurar que las plantas tengan acceso constante a los nutrientes y el agua necesarios para su crecimiento. Además, debido a su baja capacidad de retención de agua, los suelos franco arenosos pueden ser más susceptibles a la erosión, especialmente en áreas con pendientes pronunciadas o donde la cobertura vegetal es limitada.

6.3.2.5 Humedad

El contenido de humedad del suelo, que en este caso se registró en un 12%, indica que el suelo tiene una cantidad moderada de agua en relación con su capacidad total de retención, lo cual puede influir en la disponibilidad de agua para las plantas y en las dinámicas del ecosistema local (García et al., 2019).

Un nivel de humedad del 12% sugiere que el suelo puede experimentar fluctuaciones en su contenido de agua dependiendo de las condiciones climáticas y las prácticas de manejo. En suelos con esta cantidad de humedad, es probable que el suelo no retenga grandes cantidades de agua después de las lluvias, lo que puede ser beneficioso para evitar problemas de encharcamiento. Sin embargo, también puede implicar que el suelo puede secarse rápidamente durante períodos sin lluvia, lo que podría afectar el crecimiento de las plantas y la salud del ecosistema si no se toman medidas adecuadas para gestionar el riego y la conservación de agua.

6.3.2.6 Retención de humedad

La retención de humedad del suelo, medida en un 20%, indica la capacidad del suelo para mantener agua después de una saturación completa. Un valor de retención de humedad del 20% sugiere que el suelo tiene una capacidad moderada para retener agua. En suelos con esta capacidad de retención, una cantidad significativa de agua es retenida en los poros del suelo después de que el exceso de agua se ha drenado, lo que es fundamental para proporcionar un suministro constante de agua a las plantas entre lluvias. Esta característica es especialmente importante en suelos franco arenosos, que tienen una alta proporción de partículas de arena y, por lo tanto, una menor capacidad general de retención de agua.

La retención de humedad de 20% es un indicativo de que el suelo puede ser relativamente eficiente en la conservación de agua, pero no tanto como los suelos con mayor contenido de arcilla o limo, que retendrían una mayor proporción de agua. Este nivel de retención es adecuado para permitir que las plantas accedan a agua durante períodos secos sin riesgo de encharcamiento excesivo, lo cual es beneficioso para el crecimiento saludable de la vegetación.

6.3.2.7 Análisis general del estado actual de la zona donde se tomó la muestra

El estado actual del suelo en la zona carbonífera del Cesar presenta una mezcla de características que afectan su uso y manejo. La combinación de un pH ligeramente alcalino, un bajo contenido de sales solubles, una textura que favorece el drenaje, y niveles moderados de humedad y retención de agua sugiere que el suelo es adecuado para ciertos usos, pero que requiere una gestión cuidadosa para optimizar su fertilidad y sostenibilidad. Las prácticas recomendadas podrían incluir el monitoreo continuo del pH y la conductividad, así como

estrategias para mejorar la retención de humedad y la fertilidad del suelo para asegurar su eficacia a largo plazo.

6.3.3 *Recomendaciones y acciones correctivas*

Para garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos en la medición de los parámetros del suelo, se deben considerar varias recomendaciones y acciones correctivas relacionadas con las técnicas empleadas y la interpretación de los valores analizados. A continuación, se presentan estas recomendaciones:

- **Verificación y Calibración de Equipos:** Asegúrese de que todos los equipos y dispositivos utilizados en las mediciones, como los medidores de pH, conductividad y humedad, estén correctamente calibrados y verificados antes de su uso. La calibración regular garantiza la precisión de las lecturas y evita errores que podrían afectar la interpretación de los resultados.
- **Control de Calidad en la Toma de Muestras:** Mantenga procedimientos estandarizados para la recolección de muestras de suelo, asegurando que sean representativas del área en estudio. La toma de muestras debe realizarse en diferentes puntos y profundidades para obtener una visión integral del estado del suelo.
- **Uso de Métodos de Referencia Aprobados:** Utilice métodos de referencia estandarizados y aprobados para todas las mediciones. Por ejemplo, para el pH, el método NTC 5264 debe ser seguido estrictamente, y para la conductividad, el método NTC 5596 debe aplicarse de acuerdo con sus directrices. Esto asegura que los resultados sean comparables y estén en conformidad con las normas establecidas.
- **Registro y Análisis de Resultados:** Mantenga un registro detallado de todos los resultados obtenidos, incluyendo los valores de pH, conductividad, textura, humedad y retención de humedad. Analice estos resultados en conjunto para obtener una visión comprensiva del estado del suelo. Por ejemplo, un pH de 7.47, una conductividad de 104.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, una textura franco arenosa, un contenido de humedad del 12% y una retención de humedad del 20% deben ser interpretados considerando su impacto en la calidad del suelo y en su capacidad para soportar vegetación.
- **Documentación y Revisión de Procedimientos:** Documente todos los procedimientos de medición y análisis, y revise regularmente los métodos utilizados para asegurarse de

que estén actualizados y sean adecuados para los objetivos del estudio. Asegúrese de que cualquier cambio en los procedimientos sea registrado y justificado.

- **Uso de biochar para la remediación de suelos contaminados:** Se recomienda utilizar biochar para la remediación de suelos contaminados debido a su alta porosidad y capacidad de adsorción. El biochar puede mejorar significativamente las condiciones físico-químicas del suelo al incrementar su capacidad de retención de agua, mejorar la estructura del suelo y adsorber contaminantes. Para garantizar su efectividad, es fundamental integrar el uso de biochar con un sistema de protocolos de análisis de suelo adecuado que permita evaluar su impacto y ajustar las aplicaciones según los resultados obtenidos. Esto asegura que el biochar se utilice de manera óptima para restaurar la salud del suelo y mitigar los efectos adversos de la contaminación.



7 CONCLUSIONES

- La creación de una base de datos en Excel, organizada y estructurada, permite la centralización y sistematización de información técnica relevante para el análisis de suelos en contextos mineros. Este recurso facilita el acceso a procedimientos estandarizados y detallados sobre la preparación de muestras y el análisis de parámetros clave, tales como pH, color, conductividad, textura, humedad y retención de humedad. Al ofrecer una guía comprensible y accesible, la base de datos optimiza el proceso de análisis y asegura la consistencia y precisión en la evaluación de impactos ambientales, apoyando así tanto a estudiantes como a investigadores en el campo de la ingeniería ambiental y la ciencia del suelo.
- La base de datos se ha diseñado teniendo en cuenta las limitaciones de equipos y reactivos disponibles en el laboratorio de suelos de la Universidad Popular del Cesar, lo que garantiza que los métodos incluidos sean aplicables y relevantes para las condiciones locales. La selección de parámetros clave y métodos se ha basado en la literatura revisada y en la adecuación a los recursos del laboratorio, asegurando que los procedimientos sean viables y puedan ser replicados con precisión.
- La selección de métodos analíticos para la caracterización de suelos afectados por actividad minera, basada en una revisión exhaustiva de la literatura y las recomendaciones de expertos, demostró ser adecuada y viable para los recursos disponibles en el laboratorio. La combinación de técnicas como la medición del pH, el análisis de color con la Carta de Color de Munsell, la determinación de la conductividad, la evaluación de la textura mediante el Método de Bouyoucos, y los análisis de humedad y retención de humedad, permitió una evaluación integral y precisa de las muestras de suelo. La adecuación de los métodos seleccionados garantiza la obtención de datos confiables y relevantes para la caracterización de suelos en contextos mineros.
- La implementación de los protocolos analíticos desarrollados permitió llevar a cabo mediciones precisas y consistentes de los parámetros del suelo. La calibración y el uso adecuado de equipos, junto con la preparación y el procesamiento meticuloso de las muestras, aseguraron la validez de los resultados obtenidos. La aplicación de estos

protocolos en el laboratorio de la Universidad Popular del Cesar, y la evaluación de muestras de la Zona carbonífera del Cesar, demostraron que los procedimientos son efectivos y replicables.

- El análisis de las muestras de suelo afectadas por actividad minera en la zona carbonífera del Cesar reveló un estado del suelo con características mixtas que reflejan tanto la influencia de la minería como los procesos naturales de alteración. El pH ligeramente alcalino, la baja conductividad, y la textura franco arenosa sugieren que el suelo tiene una buena capacidad para soportar vegetación y evitar problemas de salinidad. Sin embargo, la moderada retención de humedad y el contenido de humedad del 12% indican que el suelo puede experimentar fluctuaciones en su capacidad para mantener agua, lo que podría afectar el crecimiento vegetal en períodos secos.
- A partir de los resultados obtenidos, se recomienda implementar prácticas de manejo y remediación específicas para mejorar la retención de humedad y la fertilidad del suelo en las áreas afectadas por la minería. La verificación y calibración regular de los equipos de medición, el control de calidad en la toma de muestras, y el uso de métodos de referencia aprobados son esenciales para asegurar la precisión de los datos y la efectividad de las intervenciones



8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arranz-González, J. C. (2011). Suelos mineros asociados a la minería de carbón a cielo abierto en España: una revisión. *Bol. Geol. Miner*, 122, 171-180.
- Comité de Investigación del Programa IAS. (2022). *Lineamientos y guía orientadora para la estructuración de informes de prácticas académicas en el programa de ingeniería ambiental y sanitaria de la universidad popular del cesar*. En Unicesar.
- Díaz Muegue, L. C., Arranz González, J. C., & Peñuela Mesa, G. (2013). *Caracterización físico-química y mineralógica de suelos en zona carbonífera del Cesar, Colombia*. Caracas, Venezuela: Asociación Interciencia.
<https://www.redalyc.org/pdf/339/33926506007.pdf>
- Domínguez Soto, J. M., Román Gutiérrez, A. D., Prieto García, F., & Acevedo Sandoval, O. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(1), 141-155.
- Fernández-Sánchez, H., King, K., & Enríquez-Hernandez, C. B. (2020). Revisiones Sistemáticas Exploratorias como metodología para la síntesis del conocimiento científico. *Enfermería universitaria*, 17(1), 87-94.
- García Hernández, L., Vargas Ramírez, M., & Reyes Cruz, V. (2011). Electrorremediación de suelos arenosos contaminados por Pb, Cd y As provenientes de residuos mineros, utilizando agua y ácido acético como electrolitos. *Superficies y vacío*, 24(1), 24-29.
- García, A. J. H., Jaime, Y. N. M., Bastardo, L. D. S., Llovera, F. A. S., & Contreras, A. M. Z. (2009). Humedad compactante y sus implicaciones agrícolas en dos suelos franco

arenoso de sabana del estado Monagas, Venezuela. *Revista Científica UDO*

Agrícola, 9(4), 937-950.

Lozano-Rivas, W. A. (2018). *Suelos: Guía de prácticas simplificadas en campo y laboratorio*. Universidad Piloto de Colombia.

Mahecha, C., Chaparro, S., & Saray, M. (2016). Evaluacion de la contaminacion por arsenico y mercurio, derivada de la explotacion de carbon en algunas zonas del municipio guacheta cundinamarca. *Revista Ciencia: Desarrollo e Innovación*, 2(1).

Molina, E. (SF). *Análisis de suelos y su interpretación*.

<http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>

MUEGUE, L. C. (2017). *Remediación de suelos alterados por actividad de minería del carbón a cielo abierto, mediante aplicación de biochar procedente de residuos biomásicos de la palma de aceite en la zona carbonífera del departamento del cesar*. Medellin, Colombia.

file:///C:/Users/asus/OneDrive/Documentos/Ingenieria%20Ambiental/Decimo%20Semestre/DiazLuis_2017_RemedacionSuelosAlterados.pdf.pdf

Orieta Ortiz, R. R. (2022). *Impacto de la adición de carbón de bajo rango en la conductividad térmica del suelo salino sódico*. Medellin.

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642022000400053

Osorio, N. W. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo integral del suelo y Nutrición vegetal*, 1(4), 1-4.

- Pérez-Martínez, I., & Martín Romero, F. (2015). Uso de parámetros indirectos para la evaluación de la contaminación de suelos por metales pesados en una zona minera de San Luis Potosí, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(1), 01-12.
- Pérez, M. M., & Betancur, A. (2016). Impactos ocasionados por el desarrollo de la actividad minera al entorno natural y situación actual de Colombia. *Sociedad y Ambiente*, (10), 95-112.
- Quesada, L. V. (2018). *Diseño De Un Plan De Restauración Ecológica En La Mina El pantano En El Municipio De Samacá, Boyacá. Bogota: Universidad El Bosque* .
<https://repositorio.unbosque.edu.co/items/2382c5ae-57da-45cf-9580-4ef5818e75dd>
- Ramos Oseguera, C. A., Castro Ramírez, A. E., León Martínez, N. S., Álvarez Solís, J. D., & Huerta Lwanga, E. (2019). Lombricomposta para recuperar la fertilidad de suelo franco arenoso y el rendimiento de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.). *Terra Latinoamericana*, 37(1), 45-55.
- Reyes-Jaramillo, I. (2016). Propiedades edáficas de parcelas cultivadas con milpa usando labranza mínima en la sierra de Oaxaca, donde crecía bosque mesófilo de montaña. *Polibotánica*, (41), 133-155.
- Romero Cando, J., & Rivera Carrión, A. (2020). La hidrosiembra, técnica de bioingeniería para la restauración de suelos producto de actividades mineras: experiencia en el proyecto minero mirador, Zamora Chinchipe-Ecuador. *Revista de medio ambiente y minería*, 5(1), 11-21.

Tiempo, E. (4 de Septiembre de 2023). *Cesar: ¿qué pasaría sin minería de carbón? El*

Tiempo. <https://www.eltiempo.com/mas-contenido/cesar-que-pasaria-sin-mineria-de-carbon-802573>

Trujillo, M. C. A. (2015). Recuperación de suelos de relaves mineros para convertirlos en áreas verdes en la planta piloto metalúrgica de yauris-uncp. *Convicciones*, 2(1), 36-43.



9 ANEXOS

Anexo 1. Carta de solicitud inicio o Inscripción de la práctica



#PorelResurgirdelaUPC

Anexo A. Formato solicitud inicio o Inscripción de la práctica

Valledupar, 23 de agosto de 2023

Señores
Comité de Investigación - Programa de Ingeniería de Sistemas
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
Valledupar

Asunto: **SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR PRÁCTICA ACADÉMICA**

Yo, **SEBASTIAN DORIA ANAYA**, identificado como aparece al pie de mi firma, estudiante de esta universidad, solicito a ustedes me sea aprobada la realización de una **PRÁCTICA ACADÉMICA** como requisito para optar al título de **INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**, en la empresa **GRUPO DE INVESTIGACIÓN (GEAB) - UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**, para lo cual anexo a esta solicitud los siguientes documentos:

Fotocopia ampliada al 150% de mi documento de identidad

Anexo A. Formato solicitud inicio o Inscripción de la práctica.

Anexo B. Carta de Presentación y/o aval del estudiante - Prácticas académicas.

Anexo C. Carta enviada por la empresa a este comité, donde se detallan las funciones y actividades a desarrollar según perfil académico.

Anexo D. Formato Datos e Identificación de la empresa a desarrollar la Práctica.

Anexo E. Formato ARL Diligenciado si la entidad asume o no la ARL.

Cordialmente,



SEBASTIAN DORIA ANAYA

C.C. 1005572442, expedida en GALERAS, 10-AGO-2020

Correo: sdoria@unicesar.edu.co

Celular: 3053185801



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
Balneario Hurtado Vía a Patillal. PBX (57) (5) 5845336 EXT. 1052
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

Anexo 2. Carta de Aprobación de la Práctica Académica



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



#UPCRumboalaAcreditaciónenCalidad

Valledupar, 22 de agosto de 2023

Señores:

FACULTAD DE INGENIERIAS Y TECNOLOGICAS

Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria - UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR.

Asunto: Presentación de inicio del estudiante - Prácticas académicas 2023-2.

Cordial saludo,

Por medio del presente, el Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria previo cumplimiento de los requisitos reglamentarios, presenta el estudiante **SEBASTIAN DORIA ANAYA** identificado con **CC: 1005572442** quien fue aceptada para el desarrollo de las prácticas (**Desde el 15 de agosto hasta el 15 de diciembre del 2023**) en su empresa y/o institución en el área **Ambiental y/o Sanitaria**, conforme a la solicitud allegada al Departamento y/o Comité de Investigación del Programa. En ese sentido, si el estudiante es seleccionado, deberá allegar la carta (*Con funciones u actividades a desarrollar según perfil académico, fecha de inicio y terminación, nombre supervisor y si la entidad asume o no la ARL*). El estudiante podrá desempeñarse en distintos roles relacionados con las áreas del diseño técnico, gestión y evaluación ambiental, tales como:

"Investigador de la problemática Ambiental y Sanitaria; Director, evaluador y ejecutor de estudios de impacto ambiental; Evaluador de los factores que inciden en la contaminación Ambiental; Diseñador, constructor y evaluador de obras de Saneamiento Básico; Coordinador de acciones tendientes al manejo y preservación de los recursos naturales; Coordinador, director, evaluador, y participante en la formulación de Planes de Ordenación y Manejo de Cuenas Hidrográficas - POMCAS; Gestor para el manejo de los residuos líquidos y sólidos; Director, evaluador, ejecutor y administrador de obras que prevengan, mitiguen y corrijan los impactos ambientales; Liderar y gestionar proyectos de creación, organización y administración de empresas de consultoría ambiental; Elaborar y desarrollar planes de capacitación en las áreas que competen al profesional en ingeniería ambiental y sanitaria; entre otros roles de acuerdo con su perfil y programa académico".

Durante el desarrollo de la práctica académica y permanencia en la empresa y/o institución **MÍNIMO 640 HORAS**, el estudiante debe presentar ante el comité de investigación del programa, los respectivos planes e informes **FASE 1** y **FASE 2** de conformidad con lo dispuesto en el **cronograma semestral de prácticas académicas 2023-2, lineamientos del comité de investigación y reglamento de modalidades de grado para los programas de pregrado de ingeniería y tecnológicas**". El estudiante y/o empresa debe enviar a los correos: ambiental@unicesar.edu.co y proyectosambiental@unicesar.edu.co la afiliación a la ARL antes de iniciar actividades.

Con gratitud,



Ing. REINEL FAJARDO CASAS
Director

Documento con firma digital. La adulteración de su contenido constituye fraude y/o delito conforme a la ley.

Proyectó: Melissa Mileth Martínez Maestre - Secretaria comité de investigación del programa.

Con copia a: Comité de investigación del programa.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
Balneario Hurtado Vía a Patilla. PBX (57) (5) 5845336 EXT. 1052
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

Anexo 3. Implementación de las técnicas analíticas

