


**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS
DEGRADADOS A TRAVÉS DE ENMIENDA ORGÁNICA Y REFORESTACIÓN EN LA FINCA
LA BENDICIÓN-GUAMAL BAJO, CESAR**

AUTORES:

ÁLVARO JOSÉ MARTÍNEZ MOGOLLÓN

ANDRÉS CAMILO SAENZ RIVERA



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

2021

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS
DEGRADADOS A TRAVÉS DE ENMIENDA ORGÁNICA Y REFORESTACIÓN EN LA FINCA
LA BENDICIÓN-GUAMAL BAJO, CESAR**

AUTORES:

ÁLVARO JOSÉ MARTÍNEZ MOGOLLÓN

ANDRÉS CAMILO SAENZ RIVERA

Trabajo de grado para optar al título de

Ingeniero Ambiental y Sanitario

DIRECTOR:

ING. HÉCTOR HELI SEGURA OROZCO

ESPECIALISTA EN INGENIERA AMBIENTAL

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

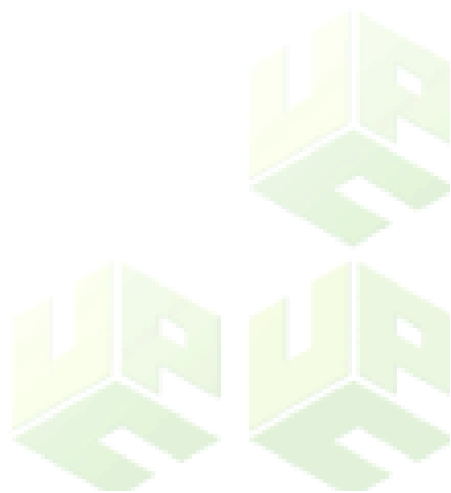
VALLEDUPAR - CESAR

2021

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo primeramente a Dios, por la vida y por culminar esta meta.

Así mismo, dedicamos este logro a nuestros padres, especialmente a José Francisco Sáenz López y Alaba Inés Rivera Gutiérrez.



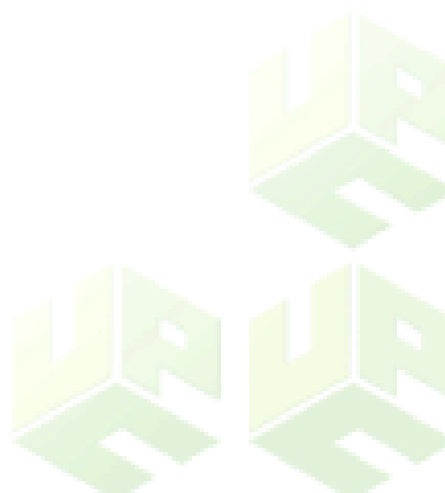


**Universidad
Popular del Cesar**
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



AGRADECIMIENTOS

A nuestro director el ingeniero Héctor Segura y nuestros evaluadores los ingenieros Orlando Rubiano y Luis Romero, por su apoyo, orientación y colaboración para realizar este trabajo.



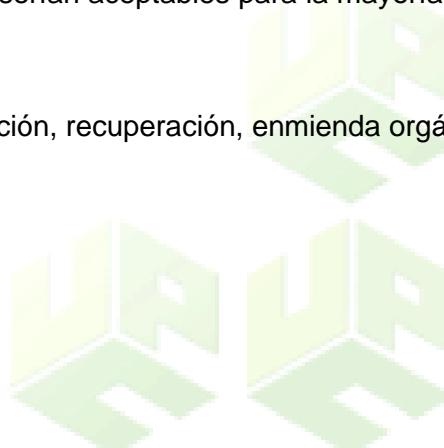
RESUMEN

Los suelos de la finca la Bendición, durante muchos años fueron afectados por las actividades agrícolas y ganaderas propias de su economía, lo cual ha llevado a una progresiva degradación del suelo debido a la erosión, la desertificación, la deforestación, la degradación de pastura, que ha traído como consecuencia la posterior pérdida de fertilidad de dicho suelo.

Por lo que el presente trabajo tiene por objetivo evaluar las alternativas para la recuperación de suelos degradados a través de enmienda orgánica y reforestación en dicha finca, con este fin la pregunta de investigación fue la siguiente ¿La enmienda orgánica y la reforestación podrán ser actividades que permitan la recuperación de suelos degradados por la agricultura, en la Finca La Bendición Guamal Bajo- Cesar?

Dicha pregunta se respondió realizando toma de muestras en los suelos antes y después de aplicar las alternativas evaluadas, posteriormente fueron llevados a laboratorio, donde se determinaron los parámetros carbono orgánico, pH, textura, humedad, densidad aparente y color, para posteriormente analizar los resultados obtenidos. Luego de aplicada la enmienda orgánica y realizado el proceso de reforestación se obtuvo un leve aumento del carbono orgánico del suelo estudiado, lo cual permitió mejorar en términos de mayor materia orgánica el suelo. Así mismo, la humedad aumento, debido al tratamiento aplicado a la zona de estudio y el riego constante. Finalmente, se dio un leve descenso en el pH del suelo, que paso de presentar características ligeramente alcalinas a unas condiciones neutras, que serían aceptables para la mayoría de las plantas.

Palabras claves: suelo, degradación, reforestación, recuperación, enmienda orgánica.



ABSTRACT

The soils of the La Bendición farm, for many years were affected by the agricultural and livestock activities of its economy, which has led to a progressive degradation of the soil due to erosion, desertification, deforestation, degradation of pasture, which has brought as a consequence the subsequent loss of fertility of said soil.

So, the present work aims to evaluate the alternatives for the recovery of degraded soils through organic soil amendment and reforestation on the farm, to this end, the research question was the following does the amendment of organic and reforestation may be activities that allow the recovery of degraded soils for agriculture, on-Farm Blessing Guamal Low - Cesar?

This question was answered by taking samples in the soils before and after applying the evaluated alternatives, then they were taken to the laboratory, where the parameters of organic carbon, pH, texture, humidity, bulk density, and color were determined, to later analyze the results obtained. After applying the amendment organizes and carried out the reforestation process, a slight increase in the organic carbon of the soil studied was obtained, which allowed to improve in terms of greater organic matter the soil. Likewise, the humidity increased, due to the treatment applied to the study area and the constant irrigation. Finally, there was a slight decrease in the pH of the soil, which went from presenting slightly alkaline characteristics to neutral conditions, which would be acceptable for most plants.

Keywords: soil, degradation, reforestation, recovery, organic amendment.

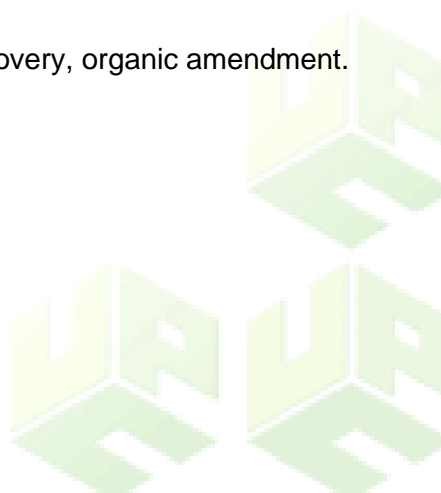


TABLA DE CONTENIDO

lista de Tablas.....	VIII
Lista de Figuras	IX
Lista de Cuadros.....	7
1 Introducción.....	8
2 Planteamiento del Problema.....	9
2.1 Pregunta de Investigación	9
3 Justificación.....	10
4 Objetivos	11
4.1 Objetivo General:	11
4.2 Objetivos Específicos:	11
5 Marco Referencial	12
5.1 Antecedentes de la Investigación	12
5.2 Marco Teórico	14
5.2.1 Suelo.....	14
5.2.2 Leucaena Leucocephala	27
5.2.3 Gliricidia Sepium (Matarratón).....	29
5.3 Marco Conceptual	34
5.4 Marco Contextual	35
5.5 Marco Legal.....	36
6 Marco Metodológico	41
6.1 Línea de Investigación.....	41

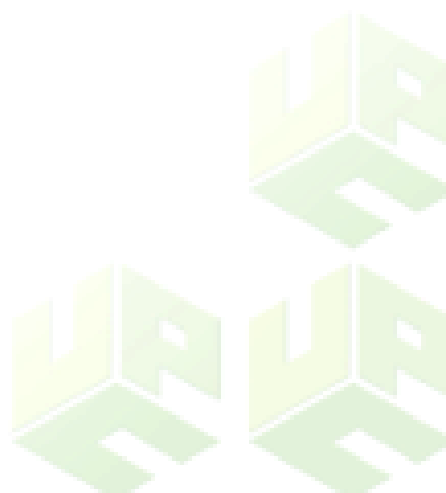
6.2	Sublínea de Investigación.....	41
6.3	Tipo de Investigación.....	41
6.4	Nivel de Investigación.....	41
6.5	Población de Estudio.....	41
6.6	Muestra Poblacional.....	42
6.7	Desarrollo Metodológico.....	42
6.7.1	Etapa1: Caracterización Físicoquímica de los Suelos Degradados en el Área de Influencia.	42
6.7.2	Etapa 2: Identificar los Tipos de Residuos y Plantas a Utilizar para el Desarrollo de la Enmienda Orgánica y Actividades de Reforestación.....	43
6.7.3	Etapa 3: Elaborar la Enmienda Orgánica y Reforestación que Permitan la Recuperación de los Suelos	45
6.7.4	Etapa 4: Evaluar los Cambios en las Propiedades Físicoquímicas del Suelo, en Respuesta a la Aplicación de la Enmienda Orgánica y Reforestación en el Área de Estudio.....	47
7	Analisis y Resultados	48
7.1	Resultados Etapa 1: Caracterización Físicoquímica de los Suelos Degradados en el Área de Influencia.	48
7.2	Resultados Etapa 2: Identificar los Tipos de Residuos y Plantas a Utilizar para el Desarrollo de la Enmienda Orgánica y Actividades de Reforestación	52
7.3	Resultados Etapa 3: Elaborar la Enmienda Orgánica y Reforestación que Permitan la Recuperación de los Suelos.....	53
7.3.1	Proceso de Enmienda Orgánica.....	53



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



7.3.2	Actividades de Reforestación.....	55
7.4	Resultados Etapa 4: Evaluar los Cambios en las Propiedades Físicoquímicas del Suelo, en Respuesta a la Aplicación de la Enmienda Orgánica y Reforestación en el Área de Estudio.....	56
8	Conclusiones.....	59
9	Recomendaciones.....	60
10	Bibliografía	61
11	Anexos	65





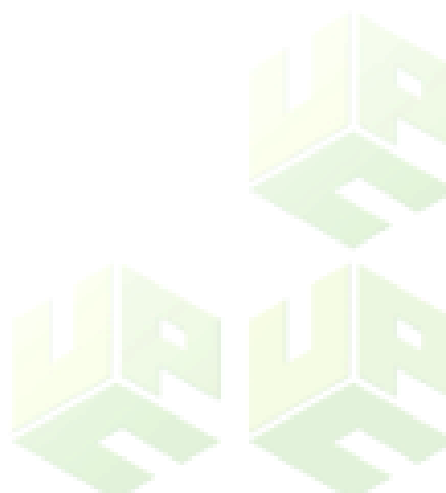
**Universidad
Popular del Cesar**
*DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA*



*Ingeniería
Ambiental y Sanitaria*

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.....	36
Tabla 2.....	43
Tabla 3.....	46
Tabla 4.....	50
Tabla 5.....	56



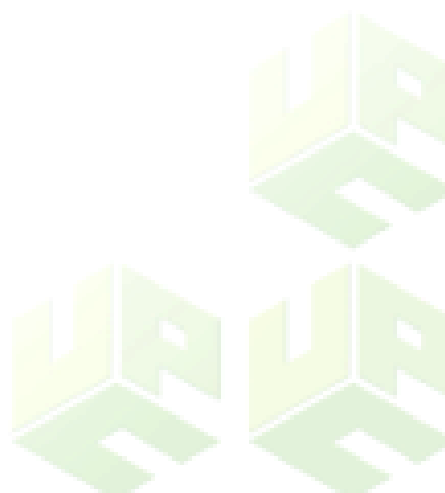


**Universidad
Popular del Cesar**
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



LISTA DE FIGURAS

Figura 1.....	16
Figura 2.....	17
Figura 3.....	17
Figura 4.....	19
Figura 5.....	20
Figura 6.....	21
Figura 7.....	23
Figura 8.....	35
Figura 9.....	36
Figura 10.....	47



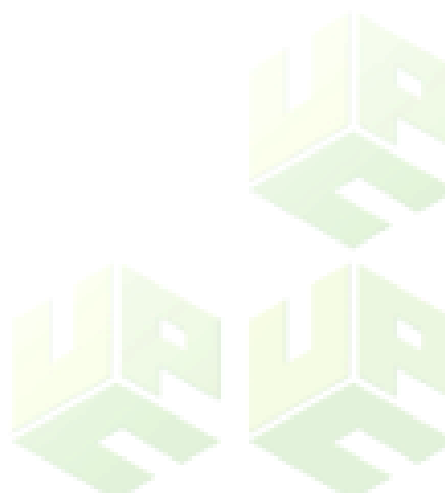


**Universidad
Popular del Cesar**
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	48
Cuadro 2	49
Cuadro 3	50
Cuadro 4	53
Cuadro 5	54
Cuadro 6	55



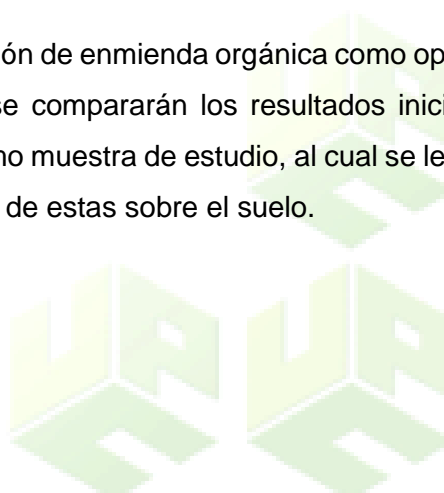
1 INTRODUCCIÓN

Considerando que el suelo es un recurso natural de gran importancia para la vida en la tierra, al ser el sustento para los ecosistemas, así como es el medio por el cual se garantiza la alimentación de las especies terrestres, es menester procurar por su conservación y la recuperación de estos, más cuando la pérdida de su productividad se ha dado por causas antrópicas, debido a la presión sobre los recursos naturales que representa el acelerado crecimiento de la población que han ocasionado la degradación de los mismos.

En el siguiente proyecto de investigación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de la aplicación de enmiendas orgánicas y la reforestación como alternativas para la recuperación de suelos degradados en la finca La Bendición, afectada principalmente por las actividades agrícolas y ganaderas, lo cual ha llevado a una progresiva degradación del suelo debido a la erosión, la desertificación, la deforestación, la degradación de pastura, que ha traído como consecuencia la posterior pérdida de fertilidad de dicho suelo.

Teniendo en cuenta las características del suelo estudiado, se optó por tomar los residuos orgánicos producidos en la finca, así como estiércol de ganado y restos de ramas de la zona para la elaboración de la enmienda orgánica. De igual forma se determinó utilizar las especies *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium*, que se encontraban presentes en el área y que son óptimas para el objeto de esta investigación.

Con el fin de evaluar la reforestación y la aplicación de enmienda orgánica como opciones para recuperar los suelos de la finca La Bendición, se compararán los resultados iniciales y finales de las condiciones del suelo que fue tomado como muestra de estudio, al cual se le aplicó dicha enmienda, para finalmente determinar el impacto de estas sobre el suelo.



2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La finca la Bendición está ubicada en la Serranía del Perijá, más específicamente en la vereda Guamal Bajo, en el municipio de Agustín Codazzi, Cesar; esta zona es característica por sus recursos para desarrollo de actividades económicas como la agricultura, específicamente cultivos de maíz y papa que son del tipo permanente, es decir, es constante en todas las temporadas del año de tal manera que la degradación del suelo es más rápida.

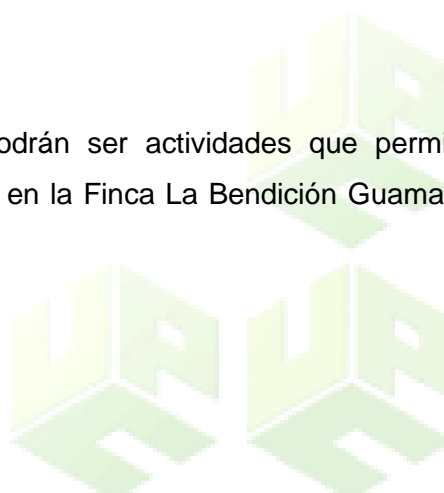
“Siendo sus principales consecuencias la erosión y pérdida de fertilidad, la desertificación, la deforestación, la degradación de pasturas, la salinización y alcalinización de suelos bajo riego y la subutilización de tierras agrícolas de buena calidad” (Rojas & Ibarra, 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior y a las características de estos cultivos, con la industrialización y el paso del tiempo los agroquímicos son cada vez más comunes, que tienden a ser muy agresivos con los suelos “Muestran limitaciones severas por la poca profundidad de los suelos, fertilidad muy baja, erosión moderada a severa, drenaje pobre, inundaciones frecuentes, y afección moderada de sales o efectos moderados de clima” (Díaz M. A., 2016).

De igual manera cuando el suelo se utiliza en un tiempo largo, sin realizar las practicas debidas es inevitable el deterioro de este, muchas veces por desconocimiento de agricultores y escasez de recursos que no permiten realizar el mejor tratamiento, lo que acelera todo este proceso de degradación.

2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿La enmienda orgánica y la reforestación podrán ser actividades que permitan la recuperación de suelos degradados por la agricultura, en la Finca La Bendición Guamal Bajo-Cesar?



3 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la modificación del medio ambiente con el paso del tiempo de ha vuelto cada vez más dañina, todo esto debido al crecimiento industrial y de la población desmedido, que como población no hemos podido equilibrar con respecto al cuidado de nuestro ecosistema; donde ha sido evidente como la degradación de suelos ha afectado en una manera significativa no solo a nuestro entorno si no al desarrollo de las comunidades.

Teniendo en cuenta lo anterior este proyecto de investigación está enfocado en recuperar suelos que, debido a actividades antrópicas como la agricultura, han perdido productividad y se estas convirtiendo en zonas áridas, sumando el hecho que esta zona de estudio ubicada en la Serranía del Perijá tiene una gran importancia ecosistemita y que es necesario se tenga un mayor cuidado.

“Esta serranía tiene una importancia biológica por los recursos naturales de flora y fauna. Contiene bosques húmedos, secos y páramos cubiertos de pajonales, matorrales y frailejones. Los bienes y servicios que ellos producen benefician directamente a la población de los municipios de los tres departamentos en donde se encuentra este ecosistema. Además, es un patrimonio para el país y la humanidad por los servicios ambientales como la producción de agua, sumidero de carbono y hábitat de muchas especies de fauna y flora” (Díaz M. A., 2016)

Además, muchas poblaciones en esta vereda de Guamal-Cesar, su sustento es a través de estos suelos, junto con el de sus familias, por lo tanto, no solo se pone en riesgo todos estos servicios ambientales si no la calidad de vida de un sin número de comunidades.

Debido a lo descrito anteriormente, es de gran importancia el desarrollo de este tipo de estrategias que son muy asequibles hacia cualquier persona, que pueda ayudar a la restauración de este tipo de suelos, por lo tanto, es sin duda una necesidad urgente prestar mucha atención a este tipo de problemáticas que muchas veces son pasadas por alto.

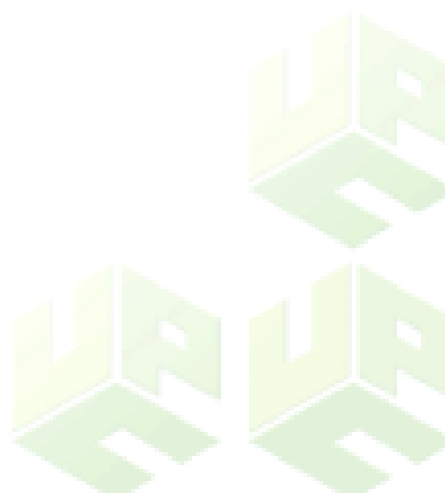
4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar las alternativas para la recuperación de suelos degradados a través de enmienda orgánica y reforestación en la finca la Bendición-Guamal bajo, cesar.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Realizar una caracterización fisicoquímica de los suelos degradados en el área de influencia.
- ✓ Identificar los tipos de residuos y plantas a utilizar para el desarrollo de la enmienda orgánica y actividades de reforestación
- ✓ Elaborar la enmienda orgánica y reforestación que permitan la recuperación de los suelos
- ✓ Evaluar los cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo, en respuesta a la aplicación de la enmienda orgánica y reforestación en el área de estudio



5 MARCO REFERENCIAL

5.1 Antecedentes de la Investigación

(Díaz & Perez, 2010) realizaron la investigación **CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS EN LOS MUNICIPIOS DE LA JAGUA DE IBIRICO Y BECERRIL CENTRO DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR**, donde se evidencia que el suelo es un cuerpo natural continuo, formado por materiales minerales y orgánicos con propiedades que reflejan el impacto de los factores de formación (material de origen, clima, materia orgánica, hombre, topografía y tiempo). En general, los suelos permanecen en constante proceso de cambio, el cual se expresa mediante la diferenciación de los horizontes genéticos al llevarse a cabo los procesos de formación del suelo. Los sistemas de clasificación se basan en propiedades del suelo definidas en términos de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico que son significativos para el uso y manejo de estos. Sin embargo, una vez que se realiza el cambio de uso del suelo, las propiedades físicas pueden cambiar y perderse el horizonte superficial. Por una parte, esto desorienta la clasificación del suelo y por otra, influye en las actividades agrícolas

(Díaz, 2017) desarrolló la investigación **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**. El presente trabajo contribuye a profundizar en el conocimiento científico de los suelos mineros en la Zona Carbonífera del Departamento del Cesar y en el aprovechamiento del biochar obtenido a partir de residuos del cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) y su aplicación como enmienda para remediar propiedades físicas y químicas de suelos mineros. De igual manera aborda la revisión de la literatura en cuanto a la problemática planteada por la minería de carbón a cielo abierto en la afectación del recurso suelo. En este aparte se tienen en cuenta problemáticas como la compactación, erosión, pérdida y deficiencia de nutrientes, lixiviación de metales como el aluminio, hierro, manganeso, cobre y cinc. Presencia de sales eflorescentes, acidez, pérdida y disminución de microorganismos

(AGUDELO, 2006) desarrolló la investigación **DISEÑO DEL PLAN DE MANEJO Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL PARA LA CANTERA POZO AZUL DEL CANTÓN SUR; EJERCITO NACIONAL**, que consiste en mostrar el diseño del Plan de Manejo y Recuperación Ambiental (PMRA) para la cantera Pozo Azul desde la competencia de un ingeniero Ambiental y Sanitario; este se realiza por la necesidad apremiante en la Dirección de Ingenieros -Ejército Nacional- de elaborar un documento final que plasme una solución al problema existente en la cantera y, así evitar en un futuro próximo sanciones derivadas de los efectos ambientales causados en el área circundante.

(Lopez, 2013) desarrolló la investigación **RESTAURACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE BIOSÓLIDO PRODUCIDO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EL SALITRE EN BOGOTÁ D. C.**, acotando la problemática general de la degradación de los suelos a la ciudad de Bogotá, es de especial importancia por su magnitud e implicaciones en la destrucción de los ecosistemas de sus cerros orientales, pérdida de valor paisajístico, aumento de riesgos por deslizamientos, arrastre de sedimentos, entre otros, la actividad extractiva desarrollada en más de cien (100) canteras legalmente constituidas, las cuales a medida que agotan el potencial productivo de sus frentes de explotación. Es por lo anterior que con este estudio se pretende contribuir al conocimiento del biosólido generado en la PTAR El Salitre producto del tratamiento de las aguas residuales vertidas por más de dos millones de residentes del norte de la capital, constituyéndose en un aporte más que asegure a la ciudadanía un manejo profesional de este producto.

(Chuquichaico, 2016) desarrolló la investigación **IMPACTO DE LA REFORESTACIÓN EN LA RECUPERACIÓN DE LOS SUELOS DEGRADADOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO MONZÓN - REGIÓN HUÁNUCO**, frente a la degradación del ecosistema por el cultivo de coca y los problemas socioambientales muy graves, el Ministerio de Economía y Finanzas, decide financiar este primer proyecto piloto “Reforestación participativa de la microcuenca del Río Monzón para la Recuperación del Potencial Productivo de Suelos”, con la finalidad de lograr el cambio de actitud de las autoridades y pobladores para recuperar los suelos degradados por el cultivo de coca, a través de la metodología de “aprender haciendo”, con resultados positivos. Razón, por el que la presente investigación planteó su principal objetivo “determinar el impacto

de la reforestación en la recuperación de los suelos degradados en la Microcuenca del Río Monzón”

5.2 MARCO TEÓRICO

5.2.1 Suelo

Se acostumbra a definirlo como la capa superficial no consolidada de la superficie terrestre, sus características son el resultado de una larga evolución que está dada en función del clima, la vegetación, el tiempo, el material parental y la topografía. Su composición se divide en fases o fracciones. (Rojas C. A., 2005)

Cubre la mayor parte de la superficie terrestre; su límite superior es el aire o el agua superficial; sus fronteras horizontales son las áreas donde el suelo cambia, a veces gradualmente, a aguas profundas, rocas o hielo; el límite inferior puede ser la roca dura o depósitos de materiales virtualmente desprovistos de animales, raíces u otras señales de actividad biológica y que no han sido afectados por los factores formadores del suelo (IDEAM, 2018)

Así mismo, es indispensable y determinante para la estructura y el funcionamiento de los ciclos del agua, del aire y de los nutrientes, así como para la biodiversidad. El suelo es parte esencial de los ciclos biogeoquímicos, en los cuales hay distribución, transporte, almacenamiento y transformación de materiales y energía necesarios para la vida en el planeta (IDEAM, 2018)

5.2.1.1 Composición

Su composición se divide en fases o fracciones:

5.2.1.1.1 Fase Sólida

La fase sólida está compuesta por dos componentes principales:

Constituyentes minerales, inorgánicos o mecánicos. Representan más del 80% de la composición del suelo húmedo y se clasifican según el grosor de la partícula en arenas, gruesas y finas, limos y arcillas. Están compuestos a su vez por:

a) Constituyentes minerales, inorgánicos o mecánicos

- **Minerales primarios:** tales como cuarzo (SiO_2), feldespatos (MAISi_3O_8) en donde la M representa combinaciones de los cationes Na^+ , K^+ y Ca^{+2} , otros minerales como micas, piroxenos, anfíboles, también comunes pero que se encuentran en menor cantidad que el cuarzo y los feldespatos¹².

- **Minerales secundarios:** producto de la meteorización de los primarios; entre los secundarios se encuentran las calcitas (CaCO_3), otros carbonatos, sulfatos, piritas (FeS_2), óxidos de hierro y aluminio y las capas o estratos de silicatos. Éstos últimos son los más importantes de los minerales secundarios ya que constituyen las arcillas¹³.

b) Constituyentes orgánicos. Es la materia orgánica del suelo (MOS) proveniente de desechos vegetales y animales, en diferentes estados de descomposición y transformación desde materiales sin descomponer hasta llegar al humus. En las arcillas y en la MOS se producen cargas, positivas o negativas, que dan lugar a los procesos de sorción o intercambio iónico. Por tal motivo, a esta fracción se la denomina complejo de intercambio. (Sánchez, 2012)

5.2.1.1.2 Fase líquida o solución del suelo

Es el agua contenida en los espacios libres que quedan entre las unidades de la fracción sólida y que no están ocupados por aire. En la fase líquida se encuentran disueltas sustancias solubles provenientes de la alteración de las rocas, de la descomposición de la materia orgánica y de los aportes humanos (fertilizantes y enmiendas solubles). De acuerdo con la concentración de sales presentes en la fase líquida se hablará de suelos salinos o normales. (Rojas C. A., 2005)

5.2.1.1.3 Fracción Gaseosa

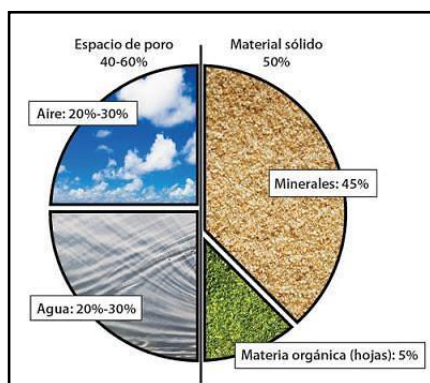
También llamada atmósfera del suelo tiene la misma composición del aire, aunque debido a la actividad microbiana puede presentar una concentración superior de gas carbónico a la del aire exterior. Para la mayoría de los cultivos, los suelos que contienen entre 10 y 15% de aire se consideran bien aireados. Cuando el intercambio de gases es reducido y la concentración de oxígeno disminuye, pero la de CO_2 aumenta hasta valores de 15 a 20%, se inhibe el crecimiento de las raíces. (Rojas C. A., 2005)

5.2.1.1.4 Fase Biológica

Está compuesta por macro y microorganismos que viven en el suelo y que son responsables por la descomposición y transformación de los residuos orgánicos que llegan a él. (Rojas C. A., 2005)

Figura 1

Composición del suelo



Fuente: (Rojas C. A., 2005)

5.2.1.2 Propiedades del Suelo

5.2.1.2.1 Densidad Aparente (D_a)

La determinación de la densidad aparente tiene un valor extraordinario para conocer el estado físico del suelo, ya que refleja el comportamiento dinámico de la estructura y la porosidad debido a que varía por la acción de agentes externos e internos como por ejemplo la compactación y la dispersión de las partículas respectivamente Foth, 1987, citado en (Castillo Cerna, 2005).

Figura 2

Clasificación de la densidad aparente en los suelos

Unidad de la (Da)	g/cm ³	Clasificación
<1.0		Muy bajo
1.0 - 1.2		Bajo
1.2 - 1.45		Medio
1.45 - 1.60		Alto
>1.60		Muy alta

Fuente: Cairo, 1995, citado en Castillo Cerna, 2005.

Factores que afectan la densidad aparente de los suelos Según Pritchett (1990) citado en (Castillo Cerna, 2005), describe los factores que afectan la densidad aparente de los suelos como:

- Estructura. La granulación en los suelos tiende a aumentar el espacio poroso y por tanto disminuye en la densidad aparente. Como las condiciones estructurales son malas en los suelos, se facilitan las condiciones de compactación de los horizontes, con la consecuente reducción del espacio poroso.

- Textura. La textura de los suelos es una de las propiedades que afectan directamente a la densidad aparente (tabla 6) y está estrechamente relacionada a ella.

Figura 3

Densidad aparente según la textura

Textura	Densidad aparente (g/cm ³)
Arenas	1.6 a 1.7
Francos	1.3 a 1.4
Arcillas	1.0 a 1.2
Suelos orgánicos	0.7 a 1.0

Fuente: Pritchett (1990), citado en Castillo Cerna, 2005.

- Compactación. A medida que los suelos se compactan disminuye la porosidad y aumenta la densidad aparente.

•Materia orgánica. La materia orgánica influye al facilitar y elevar la granulación de la estructura de los suelos, aumentando la porosidad y disminuyendo la densidad aparente. (Castillo Cerna, 2005)

5.2.1.2.2 Color del Suelo

El color es indicador visible de otras características del suelo. La materia orgánica (humus y turba), el hierro en sus tres estados, oxidado, reducido e hidratado; el manganeso y el material parental intervienen en el color en condiciones específicas (Ortiz et al, 1990, citado en (Castillo Cerna, 2005)).

Según Arias (1998), por la coloración del suelo podemos asumir algunos de sus compuestos, como los siguientes:

- El color rojizo se desarrolla por oxidación del hierro, lo que indica que es un suelo aireado, altamente meteorizado.
- El color amarillo en suelos tropicales se debe a la presencia de óxido de hierro hidratado (limonita), altamente meteorizado.
- El color gris indica abundancia de cuarzo que tiene un tono grisáceo, presenta una incipiente meteorización química y también indica ausencia de materia orgánica.
- El gris verdoso se debe a procesos de reducción de hierro.
- El color oscuro indica presencia de materia orgánica, la turba es generalmente de color pardo (café), y el humus de color negro.

5.2.1.2.3 PH del Suelo

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad, por lo general se considera como una propiedad muy importante ya que tiende a estar correlacionado con otras propiedades, tales como el grado de saturación de base.

La determinación de la concentración de iones hidronios (H^+) y iones hidroxilo (OH^-) permite medir la acidez o alcalinidad. Si hay mayor concentración de iones H^+ , se dice que la relación es ácida, pero si hay predominancia de iones OH^- , la relación es alcalina. La relación será neutra cuando la concentración de iones H^+ sea igual a los iones OH^- (Enríquez y Cabalceta, 1999, citado en Castillo Cerna, 2005).

El pH, tiene un rango que va de 1 a 14 pH, los suelos con mejor rango para la agricultura están entre los 5.5 y 6.5 pH, para bosques se puede usar desde 3 hasta 8 pH, algunas plantas no resisten ambientes con muchas sales o pH mayores de 8, como los cítricos, sin embargo, las palmeras como cocos son tolerantes (Watler y Thompson, 2002, citado en Castillo Cerna, 2005)

Figura 4

Clasificación de la acidez del suelo

Rango del pH (H ₂ O)	Clasificación
< 4.6	Extremadamente ácido
4.6 – 5.2	Muy frecuentemente ácido
5.2 – 5.6	Fuertemente ácido
5.6 – 6.2	Medianamente ácido
6.2 – 6.6	Ligeramente ácido
6.6 – 6.8	Muy ligeramente ácido
6.8 – 7.2	Neutro
7.2 – 7.4	Muy ligeramente alcalino
7.4 – 7.8	Ligeramente alcalino
7.8 – 8.4	Medianamente alcalino
8.4 - 8.8	Fuertemente alcalino
8.8 – 9.4	Muy frecuentemente alcalino
> 9.4	Extremadamente alcalino

Fuente: Quintana et al, 1983, citado en Castillo Cerna, 2005.

5.2.1.2.4 El Carbono Orgánico del Suelo (COS)

Es el carbono que permanece en el suelo después de la descomposición parcial de cualquier material producido por organismos vivos. Constituye un elemento clave del ciclo global del carbono a través de la atmósfera, vegetación, suelo, ríos y océano.

El COS es el componente principal de la materia orgánica del suelo (MOS) y, como tal, constituye el combustible de cualquier suelo. La MOS contribuye a funciones clave del suelo, ya que es fundamental para la estabilización de la estructura del suelo, la retención y liberación de nutrientes vegetales, y permite la infiltración y almacenamiento de agua en el suelo. Por lo tanto, es esencial para garantizar la salud del suelo, la fertilidad y la producción de alimentos. La pérdida de COS indica un cierto grado de degradación del suelo.

Los suelos representan el mayor reservorio de carbono orgánico terrestre. Dependiendo de la geología local, las condiciones climáticas y el uso y gestión del territorio (entre otros factores ambientales), los suelos tienen diferentes cantidades de COS. (FAO, 2017)

5.2.1.2.5 La Textura del Suelo

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa. (FAO, s.f)

Figura 5

Clases texturales de suelo según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)

Nombres vulgares de los suelos (textura general)	Contenido porcentual (%)			Clase textural
	Arena	Limo	Arcilla	
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	Franco arenoso
Suelos francos o margos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
Suelos francos o margos (textura mediana)	23-52	28-50	7-27	Franco
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
Suelos francos o margos (textura moderadamente fina)	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA (1987) tomado de (Lozano Rivas, 2018)

5.2.1.3 Degradación del Suelo

Se entiende por degradación del suelo a los procesos de deterioro provocados por la utilización de prácticas de manejo inadecuadas que provocan un desajuste entre la calidad y el uso de la tierra, con la consecuente pérdida de la capacidad productiva (Romero, 2014).

Ella tiene expresión en aspectos físicos (erosión), químicos (déficit de nutrientes, acidez, salinidad, otros) y biológicos del suelo (deficiencia de materia orgánica); La degradación del suelo no es otra cosa que la reducción de la capacidad del suelo para mantener una productividad sostenida.

La sostenibilidad no implica necesariamente una estabilidad continua de los niveles de productividad, sino más bien la resiliencia de la tierra; en otras palabras, su capacidad para recuperar rápidamente los niveles anteriores de producción o para retomar la tendencia de una productividad en aumento después de un período adverso a causa de sequías, inundaciones o abandono, mal manejo humano, entre otros factores (Sánchez, 2012)

Figura 6

Propiedades edafológicas más cambiantes con la intensidad y tiempo de uso

	Propiedades	Procesos
Físicas	Densidad aparente Porosidad Distribución de tamaño de poros Continuidad de poros Retención de agua Capacidad de almacenamiento de agua Infiltración Conductividad hidráulica Aireación Laborabilidad Erodabilidad	Secamiento Humedecimiento Desarrollo de raíces Absorción de agua Movimiento de agua Cambios en el volumen del suelo Compactación Erosión Encostramiento y sellamiento Superficial
Químicas	pH Concentración de aluminio Almacenamiento de nutrientes Balance de nutrientes Capacidad de Intercambio Catiónico	Acidificación Salinización Absorción de nutrientes Termodinámica de nutrientes Enriquecimiento
Biológicas	Pérdida de materia orgánica Masa microbial Materia orgánica	Actividad microbial Descomposición de M.O. Reciclaje de nutrientes Lixiviación

Fuente: (Sánchez, 2012)

5.2.1.3.1 Degradación por Erosión

La erosión de los suelos se define como la pérdida físico-mecánica del suelo, con afectación en sus funciones y servicios ecosistémicos, que produce, entre otras, la reducción de la capacidad productiva de los mismos. La erosión es un proceso natural; sin embargo, esta se califica como degradación cuando se presentan actividades antrópicas no sostenibles que aceleran, intensifican y magnifican el proceso. (IDEAM, 2018).

La erosión es considerada un problema en el sector silvoagropecuario, porque el suelo es un recurso no renovable y altamente vulnerable a la acción antrópica y a las condiciones de variabilidad climática y de cambio climático global. (Sánchez, 2012).

La erosión hídrica es causada por la acción del agua (lluvia, ríos y mares), en las zonas de ladera, cuando el suelo está desnudo (sin cobertura vegetal). En estos casos las gotas de lluvia o el riego, ayudadas por la fuerza gravitacional, arrastran las partículas formando zanjas o cárcavas, e incluso causando movimientos en masa en los cuales se desplaza un gran volumen de suelo (IDEAM, 2018).

5.2.1.4 Recuperación del Suelo

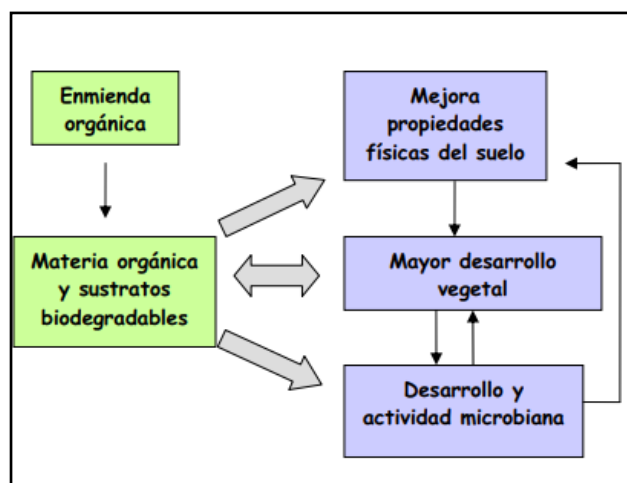
5.2.1.4.1 Enmiendas Orgánicas

Las enmiendas orgánicas son el producto de la transformación de residuos vegetales, animales e industriales que, adicionados al suelo, tienen la capacidad de mejorar sus condiciones fisicoquímicas y biológicas, así como la productividad de los cultivos agrícolas (Navia-Cuetia et al. 2013; Yáñez-Yáñez et al. 2016; Albarracín-Sánchez et al. 2018). Dentro de las principales enmiendas se encuentran los abonos verdes, lodos de depuración, biochar, adición de estiércol de diferentes animales y vermicompost. (Murillo Montoya, Mendoza Mora, & Fadul Vasquez, 2020)

De forma general, la adición de enmiendas orgánicas puede influir positivamente en las propiedades físicas del suelo, mejorando su estructura, incrementando la formación y estabilidad de agregados, y la capacidad de retención hídrica del suelo. Este hecho disminuye la escorrentía, evitando el lavado de nutrientes, y mejora el desarrollo vegetal (Izquierdo, 2008)

Figura 7

Efectos de la adición de materia orgánica en el suelo



Fuente: (Izquierdo, 2008)

Los procesos de compostaje son, actualmente, los más empleados para conseguir la mencionada. El paso del material por distintas fases: fase de mineralización (fase mesófila y fase termófila) y la fase de maduración, conseguirá, sin duda, destruir las sustancias fitotóxicas y los microorganismos patógenos, garantizando su saneamiento, y originando, a su vez, una materia orgánica más estable y humificada y útil para ser empleada como fertilizante orgánico en los suelos (Izquierdo, 2008).

5.2.1.4.2 Abonos Verdes

Se denominan abonos verdes, a la reutilización de subproductos vegetales (ramas, hojas, troncos, frutas, aserrín, entre otras) derivados de los sistemas agrícolas y que suelen adicionarse al suelo de manera directa luego de su cosecha (Caro-Lara et al. 2009; Navia-Cuetia et al. 2013; Forján et al. 2017, citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020). Este tipo de enmienda se caracteriza por altos niveles de ácido fúlvico y húmico (Brtnicky et al. 2019, citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020) los cuales tienen una mayor capacidad de unir metales que los fertilizantes inorgánicos (Bernal et al. 2014; Forján et al. 2017, citado en Murillo,

Mendoza y Fadul, 2020) y también tienen una alta relación C/N debido a que las partes leñosas de las plantas son ricas en carbono, mientras que las hojas son ricas en nitrógeno (Arango-Osorno et al. 2017; Arcand et al. 2017; Dion et al. 2020; citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020). Las plantas que se emplean como abonos verdes, son generalmente fabáceas y leguminosas (Murillo et al. 2014, citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020), las cuales se asocian con bacterias nativas del suelo que fijan nitrógeno atmosférico y evitan su pérdida por lixiviación; además, mejoran las propiedades fisicoquímicas, aportan macro y micronutrientes y ayudan a mitigar los efectos de la erosión, incrementando la actividad microbiana (Zapata-Hernández et al. 2020, citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020). Los abonos verdes son una fuente permanente de nitrógeno, el cual se considera un nutriente limitante en la producción agrícola. De acuerdo con Sosa-Rodríguez et al. (2019) citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020, este tipo de enmiendas pueden suministrar entre el 20% y 80% de los requerimientos de nitrógeno que necesitan las plantas, por lo tanto, su adición al suelo puede reducir la utilización de fertilizantes sintéticos como el triple 15, que alcanzó a nivel mundial más de 200 millones de toneladas aplicadas al suelo durante 2018. En este sentido, en un estudio realizado por Zapata-Hernández et al. (2020) citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020, encontraron que la adición de *Lupinus rotidiflorus* y *L. exaltatus* como abono verde, aumentó la actividad microbiana y la disponibilidad de nitrógeno 2.7 veces con respecto a la fertilización con NPK y 4 veces con respecto al suelo sin adición de algún tipo de fertilizante. Sin embargo, y aunque su uso es común en diferentes tipos de enmiendas orgánicas, es conveniente monitorear que las concentraciones de nitrógeno, principalmente N₂O no aumenten como producto de la actividad microbiana, porque como se conoce, el N₂O es un importante gas de efecto invernadero (Sosa-Rodríguez & García-Vivas, 2019 citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020).

5.2.1.4.3 Adiciones de Estiércol

Las adiciones de estiércol son un complemento a otras enmiendas orgánicas, debido a que promueve la actividad microbiana y la estabilización de los suelos. De acuerdo con Ferreira et al. (2018), citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020, la adición de estiércol bovino a residuos compostados aporta macronutrientes como N, P, K, Ca y Mg, y bajas concentraciones de metales pesados como Ni, Cd y Pb. Sin embargo, requiere un proceso de estabilización que permita reducir la carga microbiana antes de ser empleado como

enmienda. Por ejemplo, el estiércol de cuy suplementado con pulpa de café y cepa de plátano, demostró ser una buena fuente de fósforo en comparación con enmiendas basadas solamente en pulpa de café, cepa de plátano o adiciones de cal agrícola (Betancourt et al. 2016, citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020) evidenciando que estos materiales compostados mejoran la estructura física y microbiológica del suelo. En suelos arables y con fertilización química continua, el tamaño y agregación de la materia orgánica es un limitante para la actividad microbiana encargada de la estabilización del suelo, de hecho, los microorganismos existentes son oligotróficos, es decir, viven en suelos pobres en nutrientes, con bajo secuestro de carbono, retención inadecuada del agua y baja mineralización del suelo. Lo contrario ocurre cuando se adiciona estiércol al suelo; un estudio realizado por Lin et al. (2019) citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020, al evaluar el efecto del estiércol de cerdo combinado con residuos orgánicos durante 27 años en China, encontraron que la adición de este sustrato aumenta la materia orgánica y potencia el microbiota del suelo. En este sentido, aumentó la abundancia de fijadores de nitrógeno (rizobiales), se potenciaron los descomponedores de celulosas y quitina (actinobacterias) y aumentó la simbiosis de hongos que forman micorrizas (sordariales y pezizales). En este mismo sentido, Ye et al. (2019) citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020, encontraron que el estiércol de cerdo también aumenta la biomasa fúngica, la cual, al competir con el microbiota del suelo, reduce la abundancia de hongos patógenos del género fusarium, promoviendo el aumento de la biomasa y necromasa responsable del secuestro de carbono y de la eliminación de posibles patógenos. (Murillo, Mendoza y Fadul, 2020)

5.2.1.4.4 Impactos de las Enmiendas Orgánicas en los Cultivos

Como resultado de la adición de enmiendas orgánicas al suelo, no solo se mejoran las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas, sino que aumenta la disponibilidad de macro y micronutrientes necesarios para las plantas, esto conlleva a que disminuya el estrés y aumente la producción agrícola (Álvarez-Solís et al. 2010; Barrera et al. 2012; Bautista-Zamora et al. 2017; Cesarano et al. 2017, citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020). En este sentido, un estudio realizado por Islam et al. (2020) citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020, en el sureste asiático, demostró que las enmiendas orgánicas aplicadas en suelos inundables donde se produce arroz disminuyen el estrés hídrico y aumenta la producción en

comparación con fertilizantes químicos tradicionales. Estos resultados, son similares a los reportados por Lepsch et al. (2019), citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020, en suelos de Norteamérica, donde encontraron que la adición de enmiendas aporta al suelo una mayor capacidad de sostener un contenido volumétrico de agua disponible para las plantas, incluso en épocas secas, debido a que los macroporos que se forman con la enmienda estabilizan el suelo, lo cual permite aumentar la producción de almendras.

Como consecuencia del déficit de agua y nutrientes, muchos cultivos agrícolas disminuyen su producción, especialmente cuando los esquemas convencionales de fertilización no son suficientes (Daza-Torres, 2014; Álvarez-Carrillo et al. 2016, citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020). Algunos de estos cultivos son el tomate, el banano y el cacao. Por ejemplo, en suelos ácidos ($\text{pH} < 5,8$), que por lo general son pobres en materia orgánica y bajas concentraciones de Ca^{2+} y Mg^{2+} o altas concentraciones de Al^{3+} y Mn^{2+} el desarrollo normal del cultivo se ve limitado, porque los cationes intercambiables compiten con el aluminio, impidiendo la solubilización del fósforo (Daza-Torres et al. 2008; Daza et al. 2015; Ganada-Torres & Prada-Millán, 2016, citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020), esto trae como consecuencia la acumulación del aluminio y déficit en el crecimiento y producción de la planta.

Dada la necesidad de proteger los suelos, mejorar su estructura fisicoquímica, activar el microbiota y aumentar la producción agrícola, las enmiendas orgánicas se presentan como una mejor opción respecto a los métodos tradicionales, que incluyen la fertilización química. Las enmiendas han demostrado ser una fuente inmediata de macro y micronutrientes del suelo, los cuales al ser transformados y mineralizados por la biota existe en él, es más estables y se encuentran disponibles para las plantas de manera permanente. De igual manera, la adición de enmiendas al suelo promueve la competencia del microbiota, reduciendo la presencia de microorganismos patógenos, generando sinergias que impiden la liberación de gases efecto invernadero como CO_2 y N_2O a través de la formación de micorrizas que fijan el nitrógeno atmosférico. Adicionalmente, las investigaciones realizadas hasta el momento indican que las enmiendas mejoran la reproducción vegetativa de los cultivos agrícolas y su producción, convirtiéndose en una alternativa para el desarrollo sostenible. (Murillo, Mendoza y Fadul, 2020)

5.2.2 *Leucaena Leucocephala*

5.2.2.1 Generalidades de la *Leucaena (Leucaena Leucocephala)*

La *leucaena leucocephala* es un árbol originario de México, Nicaragua, Honduras y El Salvador y ya en el siglo XVII los españoles lo llevaron a Filipinas. Desde ahí fue introducido a Indonesia, Malasia, Papua Nueva Guinea y suroeste de Asia (Pachas, 2011, citado en Patiño, 2020). es una especie arbórea de la familia de las leguminosas, su clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: Plantae, **División:** Magnoliophyta. **Clase:** Magnoliopsida. **Orden:** Fabales. **Familia:** Fabaceae. **Subfamilia:** Mimosoideae. **Género:** *Leucaena*. **Especie:** *L. leucocephala*.

Esta especie se considera como arbustiva cuando es cultivada en los predios con el fin de convertirse en banco de proteína, debido a que regularmente se poda para aprovechar sus ramas, por consiguiente, la especie no crecerá; mientras que en las zonas donde el hombre no tiene acceso, se considera arbórea ya que puede llegar a medir hasta 12 metros de altura.

La *leucaena leucocephala* está compuesta por ramas pubescentes cuando jóvenes y que se tornan glabras con la edad; hojas alternas bipinnadas, de 10 a 20 centímetros de longitud; estípulas persistentes de ovadas a lanceoladas de 1,5 a 4 por 2 milímetros; flores blancas brácteas, peltadas, ciliadas de dos a tres milímetros de largo; Los frutos son vainas aplanadas de 13 a 20 cm de largo y de 2 a 2.5 cm de ancho, de color verde, los cuales se tornan café tostado en su madurez, con semillas numerosas de 1 cm de largo, más largas que anchas. (Calle, 2011, citado en Patiño, 2020)

Esta especie no necesita de suelos muy fértiles para su propagación. La *leucaena leucocephala* se ha utilizado en las cocinas de Centroamérica ya que contiene un alto valor nutricional y funcional, debido a su gran contenido de proteínas, fibra y antioxidantes, por lo cual es fácil de digerir y tiene una elevada actividad para evitar el envejecimiento celular, disminuyendo el riesgo de presentar enfermedades cardiovasculares o neurodegenerativas (García, 2020, citado en Patiño, 2020)

En la nutrición de los animales rumiantes también es una excelente opción, dado a que su producción de forraje es alta y que crece en suelos arenosos, de baja fertilidad, de pH neutro o alcalino; aparte de esto, contiene una mayor cantidad de proteína que cualquier otra especie forrajera.

Beneficio ambiental generado por la implementación de la leucaena leucocephala en sistemas agroforestales y silvopastoriles.

La *Leucaena leucocephala* es una buena alternativa para asociarla con otras especies puesto a que es una leguminosa arbórea que aporta beneficios al suelo y se aprovecha al máximo el espacio vertical con el que se cuenta. Los beneficios ambientales que trae consigo el uso de la *Leucaena leucocephala* en arreglos agroforestales y silvopastoriles son: el mejoramiento de la fertilidad del suelo protege los cultivos y el ganado del viento, restaura las tierras degradadas, mejora la conservación del agua, limita el desarrollo de las plagas y evita la erosión del suelo. Si los sistemas agroforestales se diseñan y se gestionan de manera adecuada pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático y su mitigación (FAO, 2020, citado en Patiño, 2020).

5.2.2.2 Leucaena Como Mejoradora de la Fertilidad del Suelo

Esta especie presenta nódulos fijadores de nitrógeno en las raíces por su simbiosis con las bacterias *Rhizobium* y/o *Bradyrhizobium* y puede fijar de 75 a 200 kilos de nitrógeno por hectárea al año. Forma nódulos fácilmente con el *Rhizobium* local del suelo, permitiéndole buena adaptación aún en sitios con limitantes de nutrición y humedad. La hojarasca presenta una rápida descomposición y contribuye al aporte de nitrógeno al suelo. Por otra parte, también tiene un gran valor ecológico puesto que florece gran parte del año y las abejas la visitan constantemente, y los herbívoros silvestres se alimentan del follaje. Brinda sombra y refugio a la fauna silvestre. Fomenta la conectividad del paisaje. (González, 2018, citado en Patiño, 2020)

Impide la erosión cuando se planta en curvas de nivel, y mejora la estructura del suelo. Las raíces extendidas desintegran capas de subsuelo impermeables, lo que incrementa la penetración de agua y reduce la erosión de la superficie. Sus raíces profundas acumulan y

reciclan minerales (fósforo, potasio, magnesio, calcio y boro) de las capas profundas del suelo. (González, 2018, citado en Patiño, 2020)

5.2.2.2.1 Reforestación / Restauración.

Especie con potencial para reforestación productiva tanto en zonas degradadas de selva como en zonas secas y áridas. Se ha utilizado con éxito en programas de reforestación de zonas erosionadas y en plantación urbana. En Hawái se siembra desde el aire en suelos desnudos y erosionados. En Indonesia se ha plantado con el propósito de restaurar laderas volcánicas inestables. (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 1987)

5.2.3 *Gliricidia Sepium* (Matarratón).

La *Gliricidia sepium* (Jacq.) es conocida en Colombia comúnmente como matarratón, y en otros países también recibe los nombres de madre cacao, madero negro, piñón de cuba y rabo de ratón (Arango, 1994; Gómez et al., 2002; Elevitch & Francis, 2006 citado en Cuervo, Narváez & Han-von, 2013). Esta planta es originaria de Centroamérica y el Norte de Suramérica, desde donde se ha distribuido para toda la América Tropical, el Caribe, África, Asia y las islas del Pacífico (Arango, 1994; Elevitch & Francis, 2006, citado en Cuervo, Narváez & Han-von, 2013), en zonas comprendidas entre los cero y 1.300 m.s.n.m., con precipitaciones de 600 a 6.000 mm/año (Arango, 1994; Gómez et al., 1990; Urbano et al., 2006, citado en Cuervo, Narváez & Han-von, 2013).

Al realizar la clasificación taxonómica del matarratón el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia lo ubican en el **Reino:** Plantae, **Phylum:** Magnoliophyta, **Clase:** Magnoliopsida, **Orden:** Fabales, **Familia:** Fabaceae, **Género:** *Gliricidia*, Específico *sepium* y Autor Epitelio Específico (Jacq.) Kunth ex Walp.

Según Chamorro et al. (1998); Elevitch & Francis (2006), citado en Cuervo, Narváez & Han-von (2013), el matarratón es una leguminosa arbórea, perenne, caducifolia, que posee raíces profundas crece de 10 a 15 metros de altura y 40 cm de diámetro que puede variar dependiendo del eco tipo. Los tallos pueden diferir en arboles adultos y plantas jóvenes siendo en los primeros de corteza un poco fisurada de color gris verdoso a pardo verdoso y los últimos lisos de color gris verdoso; el tallo cuando es adulto generalmente es torcido, de color café

verdoso, resquebrajado, con ramas inicialmente erectas y luego de algunos meses de crecimiento se disponen en ángulos de 45 grados tratando de desarrollarse en forma horizontal. (Cuervo, Narváez & Han-von, 2013)

El tronco del matarratón posee una corteza gris rojiza o cobriza, de madera dura, pesada y resistente, además de un buen poder calórico equivalente a 5000 Kcal de energía bruta por kilogramo, de buena duración y resistente al ataque de insectos. Su copa tiene forma irregular y extendida con hojas compuestas, imparipinadas, y, además, posee un último foliolo que remata al final del raquis, por lo que su número es impar con 10-25 cm de largo y con hojuelas enteras dispuestas en pares opuestos y una hojuela terminal. Gómez et al. (2002) & Aldana (2009), citado en Cuervo, Narváez & Han-von, 2013. Durante el periodo de floración tiene numerosas flores amariposadas de color entre rosa y púrpura claro. La longitud aproximada de las flores es de dos centímetros agrupándose en racimos de 25 a 50 flores (Gómez et al., 2002; Urbano et al., 2006; Aldana, 2009, citado en Cuervo, Narváez & Han-von, 2013). El tipo de fruto es en vainas aplanadas de color verde amarillo convirtiéndose en amarillo y finalmente de color marrón o negruzco en la madurez; su tamaño es de 10-15 centímetros de largo, conteniendo de tres a ocho semillas. La floración y fructificación se inicia entre el primer y quinto año de edad (Arango, 1994; Urbano et al., 2006; Elevitch & Francis, 2006, citado en Cuervo, Narváez & Han-von, 2013). La forma de las semillas es ligeramente ovalada, son lisas y aplanadas de color amarillo a verde claro cuando están verdes y café claro a café oscuro cuando están secas, momento en el cual están listas para ser sembradas; pueden permanecer durante mucho tiempo viables bajo buenas condiciones de almacenamiento, sin perder su poder y vigor germinativo (Aldana, 2009, citado en Cuervo, Narváez & Han-von, 2013). Según este autor cuando la planta es reproducida por semilla, su raíz es pivotante, es decir que su raíz principal penetra en el suelo en forma vertical como si fuera la prolongación del tallo; sin embargo, cuando su propagación se realiza por estaca o rama, desarrolla muchas raíces laterales superficiales, largas y fuertes, sin que se desarrolle una raíz principal. (Cuervo, Narváez & Han-von, 2013)

5.2.3.1 Cultivo

Entre las cualidades más destacables de matarratón se encuentra su alto potencial productivo, en cultivos intensivos como planta forrajera. Gómez et al. 2002, citado en Cuervo,

Narváez & Han-von, 2013, observaron que mediante la fijación de nitrógeno (N), la hojarasca y los residuos de la cosecha, como tallos lignificados que vuelven al suelo, se constituye en un sistema donde los nutrientes son reciclados eficientemente, manteniendo la fertilidad y la producción en niveles óptimos. El matarratón se cultiva desde el nivel del mar hasta los 1.500 msnm., siendo su temperatura óptima entre los 15 y 30°C, con precipitaciones entre 500 y 3.000 mm; se destaca su capacidad para resistir fuertes temporadas de verano. Respecto al suelo para su crecimiento es poco exigente, adaptándose fácilmente tanto a suelos secos como a húmedos, con un pH entre 4,5 y 7,0 y a suelos franco-arenosos y arcillosos; del mismo modo soporta los suelos ácidos, de mediana a alta fertilidad siempre y cuando tengan buen drenaje (Vollink 1993; Arango, 1994; Urbano et al., 2006; Aldana, 2009, citado en Cuervo, Narváez & Han-von, 2013). Respecto a la luminosidad, Elevitch & Francis (2006) citado en Cuervo, Narváez & Han-von, 2013, aseguran que crece mejor a pleno sol, tolerando solo la sombra parcial. En el caso de las plántulas, al ser sembradas bajo la sombra podrán sobrevivir sin crecimiento significativo. Es flexible ante las inundaciones, aunque para su crecimiento adecuado se deben evitar los suelos muy compactos o zonas propensas a inundación. El matarratón ha sido vinculado a la Agroforestería, sistema considerado como agrícola sostenible por lo que es promovido ampliamente por todo el mundo, especialmente, en el África subsahariana, (Thangata & Alavalapati, 2003, citado en Cuervo, Narváez & Han-von, 2013).

El matarratón es sembrado para dar sombra a los cultivos de café, té y cacao; sirve como soporte para el crecimiento de cultivos de batata, pimienta negra, maracuyá y vainilla, es utilizado como cerca viva, para la delimitación de áreas y como insecticida contra *Glyptotermes dilatatus* (Herath et al., 1998, citado en Cuervo, Narváez & Han-von, 2013). La propiedad insecticida del matarratón fue corroborada por Montes et al. (2008), en el cultivo de maíz, concluyendo que reduce el daño a las hojas recién formadas y tiene un efecto positivo en el rendimiento de este cereal, sin afectar los insectos útiles a la planta. De la misma forma WABO et al. (2011), citado en Cuervo, Narváez & Han-von (2013), confirmaron las propiedades ovicidas del extracto acetónico de las hojas de la planta al evaluarla contra el *Haemonchus contortus*. (Cuervo, Narváez & Han-von, 2013)

5.2.3.2 Reproducción del Matarratón

Acerca de su reproducción, el matarratón se propaga fácilmente por estacas y por semilla sexual; aunque la práctica más aplicada ha sido la propagación por estaca, gracias a su fácil consecución y a su implementación como cerca viva y sombrío en distintos cultivos. No obstante, para el caso de sistemas intensivos de producción de forraje es necesario establecer las plantaciones con semilla sexual, para lograr una mayor persistencia en el cultivo, debido a su sistema radicular más profundo que posibilita la extracción de agua y nutrientes de profundidades mayores, y el mayor anclaje al suelo para soportar mejor los cortes que se realizan periódicamente; así mismo, por este sistema muestra mayor tolerancia a los periodos de sequía disminuyendo las probabilidades de muerte o defoliación (Gómez et al., 1990; Arango, 1994; Gómez et al., 2002; Urbano et al., 2006; Elevitch & Francis, 2006, citado en Cuervo, Narváez & Han-von, 2013).

5.2.3.3 Nutrientes del Matarratón

El matarratón en base seca contiene 23% de proteína bruta, 45% de fibra bruta, 1,7% de calcio y 0,2% de fósforo, (Gómez et al., 2002, citado en Cuervo, Narváez & Han-von, 2013). Esta planta, además de proveer nitrógeno, activa la absorción y recirculación de los macrominerales mediante su capacidad de extracción del suelo. Gómez & Preston (1996), citado en Cuervo, Narváez & Han-von (2013), a 1.020 m.s.n.m. con una temperatura promedio de 24°C, una precipitación de 1.130 mm anuales, observaron que la *Gliricidia sepium* favorece el ciclaje y reciclaje del fósforo, potasio, calcio y magnesio, hecho que, según los autores, explica por qué la producción de forraje se mantiene hasta por siete años sin necesidad de fertilizante. Según Vollink (1993), citado en Cuervo, Narváez & Han-von (2013), los niveles de macrominerales presentes en el matarratón son altos y suficientes para atender los requerimientos del ganado vacuno, lo que lo convierte en un excelente alimento durante el período seco, cuando la proteína y los minerales por lo general son deficientes (Cuervo Jiménez , Narváez Solarte, & Hahn Von Hessberg, 2013)

5.2.3.4 Reforestación / Restauración.

Especie con potencial para reforestación productiva en zonas secas y áridas. Es una de las especies multipropósito más populares en el área centroamericana con amplio potencial para la reforestación

5.2.3.5 Efectos Restauradores y Servicios al Ambiente

1. Acolchado / Cobertura de hojarasca. Producción de abono verde proveniente de la hojarasca y el desrame: el follaje aumenta el humus y reduce las altas temperaturas que destruyen la materia.

2. Conservación de suelo / Control de la erosión. Brinda protección al suelo, disminuye la erosión, con la caída de sus hojas ayuda a conservar el agua subterránea.

3. Fijación de nitrógeno. Ha demostrado una adecuada capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico (13 kg N/ha/año).

4. Recuperación de terrenos degradados. Su potencial en la recuperación de suelos degradados le ha justificado la atención prestada a esta especie.

5. Barrera rompevientos.

6. Cerca viva en los agrohábitats. Gran parte de las cercas de terrenos agrícolas y ganaderos de las zonas tropicales están formadas de *Gliricida sepium*, que junto con *Bursera simaruba* constituyen las dos especies más usadas como cercas vivas.

7. Ornamental. Por la belleza de sus flores de color rosado o blanco.

8. Barrera contra incendios. En Indonesia la planta se ha empleado como barrera contra fuego, pues presenta buena resistencia a éste.

9. Sombra/Refugio. La especie es ideal para sombreado permanente o transitorio, debido a que tiene ramas largas y muchas hojas. Recupera la belleza natural del paisaje y sirve de refugio para la fauna. Con su sombra también suprime las malas hierbas. Planta de sombra en plantaciones de cacao, café, té, vainilla y pimienta negra. Para el café no es muy adecuada debido a que una parte del año pierde sus hojas.

(CONABIO, 1842)

5.3 MARCO CONCEPTUAL

Medio ambiente: se refiere al conjunto de condiciones externas, que influyen en los organismos vivos. (Rojas & Ibarra, 2008).

Ecosistema: es la unidad funcional básica de la naturaleza, e incluye tanto a los organismos vivos como a su ambiente inerte. (Rojas & Ibarra, 2008).

Hábitat: es el lugar o espacio donde vive, se desarrolla, se reproduce y muere un ser vivo. (Rojas & Ibarra, 2008).

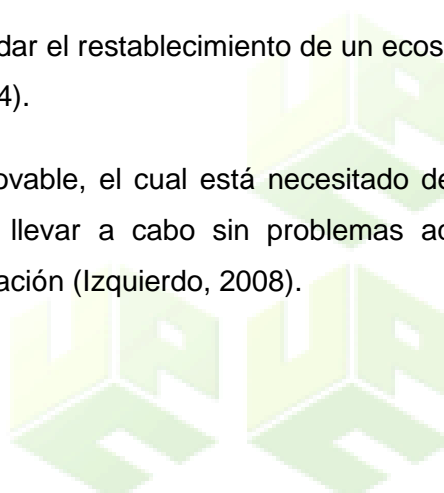
Degradación: es la transformación o alteración negativa, o con efecto negativo, que sufre cualquier cuerpo, natural o artificial. (Rojas & Ibarra, 2008).

Desarrollo sostenible: consiste en el desarrollo que permite satisfacer las necesidades de la población actual, sin comprometer las de generaciones futuras. (Comisión Mundial del Medio Ambiente, Informe Brundtland, 1985).

Planificación del uso de la tierra: Es un proceso consciente de selección y desarrollo del mejor curso de acción, para conseguir el uso eficiente y racional de los recursos de la tierra. (Rojas & Ibarra, 2008).

Restauración ecológica: es el proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido (García, 2014).

Suelo: es un recurso vivo, dinámico y no renovable, el cual está necesitado de unas condiciones mínimas y adecuadas que le permitan llevar a cabo sin problemas aquellas funciones suficientes para su mantenimiento y conservación (Izquierdo, 2008).



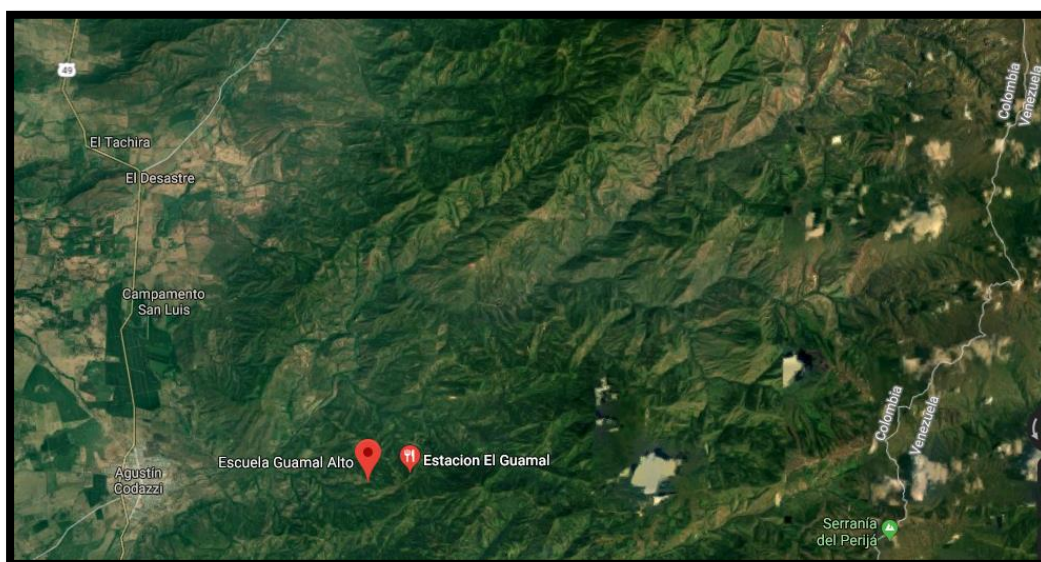
5.4 MARCO CONTEXTUAL

La Vereda Guamal Bajo se encuentra en la Serranía del Perijá en la ciudad de Agustín Codazzi, Cesar; es un municipio localizado al norte del departamento del Cesar, limita al norte con La Paz, al oeste con El Paso, al sur con Becerril y al este con Venezuela.

Específicamente en el territorio del Cesar, la serranía de Perijá presenta diversos tipos de paisaje (montaña, lomerío, piedemonte, planicie y valle), cada uno con características edáficas particulares (Rangel, Carvajal, & Arellano, 2009)

Figura 8

Vista satelital Vereda Guamal Bajo-Cesar

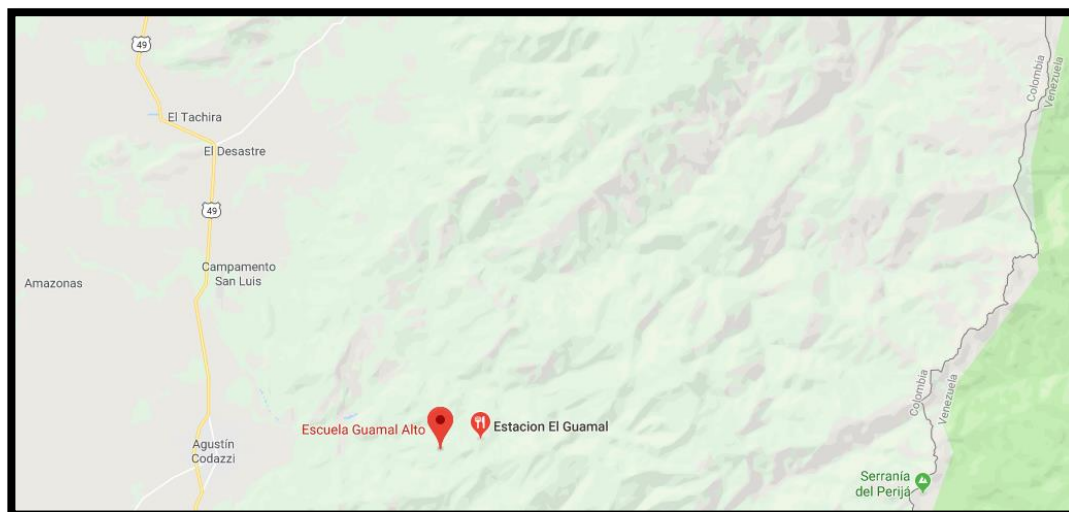


Fuente: Tomado de Google Maps, 2019

En las áreas planas, cálidas con serie de abanicos y terrazas, el uso principal es la ganadería y la agricultura, la mayoría de los suelos son mecanizables, solamente algunos abanicos presentan pedregosidad superficial. Los cultivos principales son sorgo y arroz y hace unos años lo fue el algodón (Rangel, Carvajal, & Arellano, 2009)

Figura 9

Ubicación geográfica Vereda Guamal Bajo-Cesar



Fuente: Tomado de Google Maps, 2019

5.5 MARCO LEGAL

Tabla 1

Legislación ambiental

TIPO DE NORMA Y NÚMERO DE LA NORMA	DESCRIPCIÓN	APLICABILIDAD
CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA	Artículo 8. Establece la obligación del Estado y de las personas para con la conservación de las riquezas naturales y culturales de la Nación.	En todo el proyecto

	<p>Artículo 63. Determina que los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos y los demás bienes que determine la ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables.</p>	En todo el proyecto
	<p>Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. 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.</p>	En todo el proyecto
	<p>Artículo 80. el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.</p>	En todo el proyecto
	<p>Artículo 95. Establece como deber de las personas, la protección de los recursos culturales y naturales del país, y de velar por la conservación de un ambiente sano.</p>	En todo el proyecto
Ley 2 de 1959	<p>Por el cual se dictan normas sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables. Establece la Reserva forestal y protección de suelos y agua.</p>	Establece requisitos legales y otros requisitos, aplicables a la zona de estudio
Ley 99 de 1993	<p>Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del</p>	Establece requisitos legales y otros requisitos, aplicables a la zona de estudio

	medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.	
Ley 23 de 1973	Principios fundamentales sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo y otorgó facultades al presidente de la República para expedir el Código de los Recursos Naturales.	Referente para implementar medidas de recuperación
Decreto 2691 de 2014	Por el cual se reglamenta el artículo 37 de la Ley 685 de 2001 y se definen los mecanismos para acordar con las autoridades territoriales las medidas necesarias para la protección del ambiente sano, y en especial, de sus cuencas hídricas, el desarrollo económico, social, cultural de sus comunidades y la salubridad de la población.	Establece requisitos legales y otros requisitos, aplicables a la zona de estudio Referente para implementar medidas de recuperación Base para la toma de conciencia
Decreto 1076 de 2015	Compila las disposiciones reglamentarias del Sector Ambiente. Establece las obligaciones de los propietarios de los predios en relación con la protección y conservación de suelos	Referente para implementar medidas de recuperación Base para la toma de conciencia
Resolución 1527 de 2012	Señala las actividades de bajo impacto ambiental y que, además, generan beneficio social, de manera que se puedan desarrollar en las áreas de reserva forestal, sin necesidad de efectuar la sustracción del área.	Establece requisitos legales referentes a la zona de estudio

NORMAS ESPECIFICAS
RECURSO NATURAL: SUELO

Ley 388 de 1997

En su artículo 33 especifica el ordenamiento territorial referente al reglamento de los usos del suelo. Suelo rural. Constituyen esta categoría los terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad, o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas.

Establece requisitos legales referentes al uso del suelo

Ley 1469 de 2011:

Artículo 21°. - Clasificación del suelo. Además de lo previsto en el artículo 33 de la Ley 388 de 1997, los planes de ordenamiento territorial señalarán los límites físicos y las condiciones generales del uso de los suelos rurales que deban ser mantenidos y preservados por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales o de explotación de recursos naturales, teniendo en cuenta la necesidad del crecimiento urbano y la adecuada utilización agrológica de dichas zonas.

Proporciona un marco de referencia para la toma de medidas de recuperación

Decreto 2811 de 1974

Código nacional de los recursos naturales renovables RNR y no

Proporciona un marco de referencia para la toma de medidas de recuperación

renovables y de protección al medio ambiente.

Parte VII: Artículo 178.- Los suelos del territorio nacional deberán usarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos. Se determinará el uso potencial de los suelos según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de la región. Según dichos factores también se clasificaron los suelos.

Establece requisitos legales referentes a la zona de estudio

Artículo 179.- El aprovechamiento de los suelos deberá efectuarse en forma de mantener su integridad física y su capacidad productora. En la utilización de los suelos se aplicarán normas técnicas de manejo para evitar su pérdida o degradación, lograr su recuperación y asegurar su conservación.

Referente para implementar medidas de recuperación

Base para la toma de conciencia

Resolución 170 de 2009

Declara en Colombia el año 2009 como año de los suelos y el día 17 de junio como día nacional de los suelos. Establece acciones tendientes a la conservación de los suelos, las cuales estarán a cargo del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Referente para implementar medidas de recuperación

Base para la toma de conciencia

Fuente: Adaptado a partir del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021.

6 MARCO METODOLÓGICO

6.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Según el Acuerdo No. 003 del 08 de julio de 2021, la línea de investigación del programa es Sostenibilidad y Gestión Ambiental.

6.2 SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Según el Acuerdo No. 003 del 08 de julio de 2021, la sublínea de investigación de esta investigación es la de Gestión integral ambiental del suelo con el Área Temática de Procesos de restauración, recuperación, ya que durante esta investigación precisamente se evaluará la aplicación de alternativas para la recuperación del suelo de la zona de estudio.

6.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación de este proyecto es cuantitativa, que según Pita y Pértegas (2002) es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables, tal como se desarrolla en esta investigación, en donde se toman muestras del suelo objeto de estudio y se realizan laboratorio, antes y después de aplicar la enmienda orgánica y del proceso de reforestación, de los parámetros carbono orgánico, pH, textura, humedad, densidad aparente y color, para finalmente analizar los resultados obtenidos de dichos parámetros.

6.4 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación de este proyecto es descriptivo, ya que por medio de esta se busca hacer una descripción de estado del suelo objeto de estudio; y correlacional, pues se establecerá la relación que existe entre la aplicación de la enmienda orgánica y el proceso de reforestación, con la recuperación del suelo estudiado.

6.5 POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población de estudio estuvo determinada por los suelos comprendidos en la extensión de 5000 m² de La finca la Bendición en Guamal Bajo, en el departamento del Cesar.

6.6 MUESTRA POBLACIONAL

La muestra poblacional corresponde a las parcelas que se demarcaron en La finca la Bendición en Guamal Bajo, en el departamento del Cesar para la aplicación de la enmienda orgánica y el proceso de reforestación.

6.7 DESARROLLO METODOLÓGICO

El proyecto se desarrolló mediante la ejecución de cuatro (4) fases, determinadas de la siguiente manera:

6.7.1 *Etapas: Caracterización Físicoquímica de los Suelos Degradados en el Área de Influencia.*

Actividad 1.1. Toma de muestras en zona de estudio

Descripción: Se utilizó una muestra compuesta, conformada por diferentes muestras tomadas aleatoriamente en la zona de estudio, debido a que las áreas presentaban características similares se utilizó esta metodología para la selección de dichas muestras.

Para la toma de muestras con pala, se abrió un hoyo de aproximadamente 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad, se retiró los 2 cm primeros del suelo y extrajo la muestra. En general la profundidad de muestreo está entre 2 y 20 cm que es el área de acción de las raíces (IGAC, 2001).

El tipo de muestreo más adecuado y sencillo para su aplicación fue en zigzag. En este método se toman unas 15 o 20 submuestras a lo largo y ancho del terreno que luego se mezclan en el balde o lona (IGAC, 2001).

Actividad 1.2. Determinación de las características físicoquímicas actuales de los suelos en la finca La Bendición.

Descripción: Las propiedades físicoquímicas por evaluar, con sus respectivos métodos de determinación, son presentadas a continuación en la tabla 2:

Tabla 2

Parámetros del suelo a evaluar

PARAMETRO	METODO-TECNICA
Carbono orgánico	NTC S403 Walkley & Black – Titulometría
Color	CARTA MUNSELL
Densidad aparente	LBC 365 – Gravimetría
Humedad	NTC 1495 – ND – B – Electrometría
PH	-
Textura	IGAC – BOUYOUCOS

Fuente: tomado de laboratorios Nancy Flores Ambiental, 2021

Estos parámetros escogidos se hicieron de manera estratégica y permitieron determinar la capacidad productiva y calidad de estos suelos, de igual manera identificar los impactos ambientales generados.

El parámetro base para el desarrollo del proyecto fue el *CARBONO ORGANICO*, determinante a la hora de realizar el posterior muestreo de suelo y evaluar la eficacia de estas alternativas de recuperación.

6.7.2 Etapa 2: Identificar los Tipos de Residuos y Plantas a Utilizar para el Desarrollo de la Enmienda Orgánica y Actividades de Reforestación

En la fase dos del proyecto se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en la etapa anterior, de acuerdo con las condiciones de degradación del suelo se pudo determinar qué tipo

de residuos serían los indicados para el desarrollo de la enmienda orgánica, los cuales estaban constituidos por residuos orgánicos de la finca, ramas, hojas verdes de arbustos, estiércol de ganado y tierra común.

Actividad 2.1. Proceso de reforestación.

Descripción: Para las actividades de reforestación fue conveniente elegir las especies de la región que mejor se adapten a las condiciones actuales del ecosistema en cuanto a suelo, clima, topografía, disponibilidad de agua, vegetación natural y los objetivos de la plantación, entre otras (Comisión Nacional Forestal, 2010).

Este se determinó por medio de un análisis de las especies existente en la zona de estudio, por lo tanto, se buscó realizar la recuperación de estos suelos con vegetaciones nativas, que se desarrollarían con facilidad. Las especies seleccionadas fueron: *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium*.

De igual manera se realizaron los trabajos de preparación con la ayuda de herramientas básicas como azadón, pala, talacho, barreta, pico, coa, hacha o machete, entre otras. Estos trabajos son útiles en terrenos muy accidentados (Comisión Nacional Forestal, 2010).

Actividad 2.2. Preparación Enmienda orgánica.

Descripción: En el proceso de elaboración de la enmienda orgánica se tuvieron en cuenta las características obtenidas en la fase anterior, de acuerdo con esto, para el desarrollo de este se necesitaron:

- Residuos de ramas, hojas verdes de arbustos para la materia carbonada
- Estiércol de ganado para materia nitrogenada
- Tierra común siendo la materia mineral

Todos estos residuos orgánicos fueron la materia prima para la elaboración de la enmienda, residuos que son fácilmente obtenidos en la misma zona de estudio y aledaña a ella; por lo tanto, no representa un costo significativo para el desarrollo del proyecto, de igual manera además de ser una alternativa para recuperar suelos permite el aprovechamiento de estos residuos.

6.7.3 Etapa 3: Elaborar la Enmienda Orgánica y Reforestación que Permitan la

Recuperación de los Suelos

Actividad 3.1. Proceso de Enmienda orgánica

Descripción: En la etapa 3 del proyecto, de acuerdo con el análisis de las etapas anteriores, se desarrolló el proceso de realización de enmienda orgánica, que es muy parecido a la del procedimiento del compostaje: “puede elaborarse en un contenedor utilizando ladrillos o madera y su eficacia va a depender de ciertos factores como la aireación, el agua, el tiempo, los nutrientes, microorganismos y la temperatura. Este material es convertido en compost por los invertebrados, los cuales incluyen insectos y lombrices de tierra, también por los microorganismos como las bacterias y los hongos (Corlay, 2011)

Se realizó mediante el desarrollo de parcelas en la zona de estudio de aproximadamente 6 x 9 metros cada una, donde se tomaron 2.500 m² del área de estudio, en donde ya se ha realizado el proceso de muestreo y se tienen identificadas las características del suelo.

Actividad 3.2. Proceso de Reforestación.

- **Siembra y Plantación**

En esta parte del proceso se determinó en qué puntos del terreno se van a plantar los árboles de acuerdo con las diferentes condiciones topográficas del mismo, fue importante considerar que la distancia entre planta y planta dependía del espaciamiento que la especie demande al ser adulta, tomando en cuenta que en sus etapas juveniles la plantación debe tener por lo menos el doble de densidad que cuando es adulta (Comisión Nacional Forestal, 2010).

Para el proceso de siembra se escogió el Método de Trasplante, teniendo en cuenta que la muestra es de 5000 m² y en el proceso de plantación se tuvo en cuenta cada especie y características.

Tabla 3

Plantación y espaciamento por tipo de especie

Especie	Plantación y espaciamento
<i>Leucaena leucocephala</i>	<ul style="list-style-type: none"> • El sitio de plantación debe quedar libre de malezas durante los primeros meses de crecimiento para evitar la competencia • se debe plantar a 0.5 x 0.5 m ó 0.5 x 1 m • Si la plantación se establece por siembra directa, es conveniente roturar el suelo y hacer un buen control de malezas, para asegurar un buen prendimiento y desarrollo inicial de la plantación
<i>Gliricidia sepium</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Llenar las bolsas con una mezcla de suelo, arena y materia orgánica descompuesta en proporción • Se necesitan 12 semanas para obtener plantas de 30 cm o más, aptas para plantación en campo. • El distanciamiento entre posturas va de 10 por 30 a 15 por 15 cm

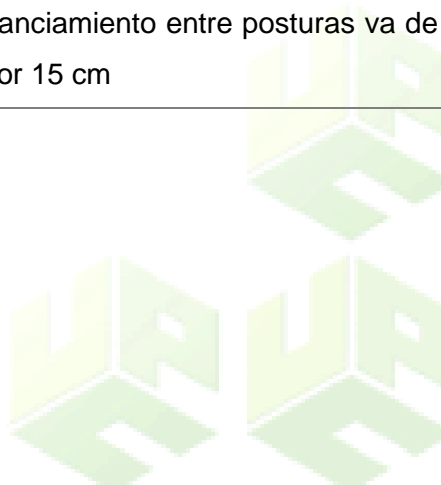
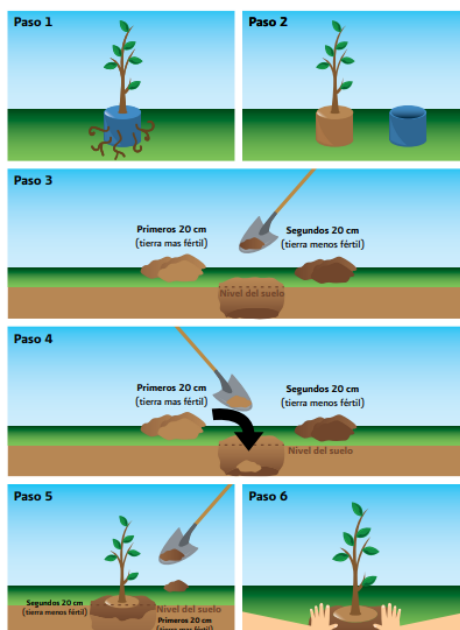


Figura 10

Sistema de cepa común



Fuente: (Comisión Nacional Forestal, 2010)

6.7.4 *Etapa 4: Evaluar los Cambios en las Propiedades Físicoquímicas del Suelo, en Respuesta a la Aplicación de la Enmienda Orgánica y Reforestación en el Área de Estudio*

Actividad 4.1 Toma de muestras final del suelo.

Descripción: Finalmente, en la etapa final de la investigación se realizó nuevamente la toma de muestras del suelo, en el área de estudio para así poder determinar, en cuales parámetros específicamente la aplicación de esta estrategia fue eficaz y se interpretó la restauración de este tipo de suelos, de tal manera que sea una herramienta que se pueda utilizar en otro tipo de áreas.

La toma de muestras se realizó con la misma metodología de la primera etapa de realización del proyecto.

7 ANALISIS Y RESULTADOS

7.1 Resultados Etapa 1: Caracterización Físicoquímica de los Suelos Degradados en el Área de Influencia.

Inicialmente se llegó al sitio de estudio y se hizo un reconcomiendo del área de estudio, donde se pudo observar que al momento de la toma de muestra se presentaban algunas zonas en donde era evidente el deterioro del suelo, ya que se encontraban afectadas por proceso de erosión, que de continuar traería consigo una reducción de la capacidad productiva del mismo, debido a la pérdida de la cobertura vegetal, la biodiversidad, la reducción del agua y degradación del suelo, que finalmente se convertiría en un problema para las poblaciones que se benefician de este.

Cuadro 1

Reconocimiento de los suelos del área estudiada



Cabe resaltar que durante este proceso de reconocimiento del área de estudio se pudo evidenciar que en la finca La Bendición se presenta la actividad de ganadería, que según la (Alcaldía de Codazzi, 2021), el 40% de los suelos del municipio están clasificados para uso agropecuario intensivo, a los que se le suma 11% de suelos para uso agropecuario semintensivo, por lo que su productividad agropecuaria puede considerarse una de las mayores potencialidades del Municipio. Por lo que esta actividad es frecuente en estas región, y en el área de estudio, lo cual es un factor que puede restarle productividad al suelo y constituiría un

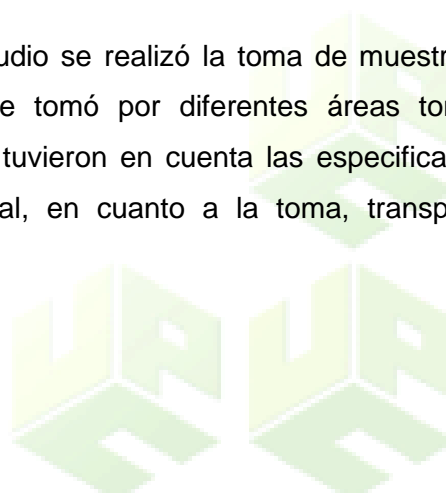
agravante de esta situación, ya que según (Muñoz & Echeverría, 2003) como consecuencia de la ganadería se ha presenta una alta degradación de las praderas, debido al mal manejo de los potreros y a la naturaleza extractiva de su producción. En estos suelos la compactación es el mayor problema, manifestado por el bajo crecimiento de pastizales, baja retención de humedad, alta tasa de infiltración. En consecuencia, al reducir las tasas de infiltración y la retención de humedad edáfica, se restringe el crecimiento de las raíces de las plantas (Bonilla Buitrago, 2009)

Cuadro 2

Actividad ganadera en la finca La Bendición



Posterior al reconocimiento de la zona de estudio se realizó la toma de muestras del suelo, la cual fue una muestra compuesta, que se tomó por diferentes áreas tomadas aleatoriamente en la zona de estudio. Para esto, se tuvieron en cuenta las especificaciones realizadas por el laboratorio Nancy Flores Ambiental, en cuanto a la toma, transporte y conservación de la muestra.



Cuadro 3

Toma de muestra de suelos

		
Preparación para toma muestra	Toma de muestra de suelo	Transporte y conservación de la muestra

Una vez realizada a toma de la muestra compuesta en diferentes zonas del área de estudio, se realizaron los análisis de laboratorio correspondientes para la caracterización fisicoquímica de los suelos en la finca La Bendición, cuyos resultados se presentan a continuación en la tabla 3:

Tabla 4

Caracterización fisicoquímica inicial de los suelos en la finca La Bendición

PARAMETRO	RESULTADO
Carbono orgánico (%)	2,9
Color	SYR 3/2 Dark Reddish Brown – Marrón Rojizo Oscuro
Densidad aparente (g/cm ³)	0,98
Humedad (%)	3,13
pH (DC) (Suelos)	7,21
Textura	Franco-Arenoso

Fuente: tomado de laboratorios Nancy Flores Ambiental, 2020

De acuerdo con los resultados obtenidos se encontró que el suelo de la finca La Bendición, presentó una coloración rojiza, la cual se debe a la oxidación del hierro lo que indica que es un suelo aireado, altamente meteorizado, (Arias Jiménez, 1998). La densidad aparente de 0,98 g/cm³, según Cairo (1995) citado en Castillo (2005), es un valor muy bajo. En cuanto a la textura del suelo se tiene que es Franco-arenoso y posee un buen porcentaje de humedad de 3,13%. El pH se encuentra en el rango de (7,2 – 7,4) lo cual indica que este suelo es ligeramente alcalino que, según (Toledo, 2016) en la medida en que el pH se incrementa por arriba de 7, volviéndose más alcalino, la disponibilidad de nutrientes como hierro, zinc, boro, manganeso y fósforo se reduce, limitándose fuertemente el crecimiento de las plantas. El fósforo es especialmente afectado por la condición del pH del suelo.

Por otro lado, este suelo presentó unos niveles de carbono orgánico bajos. De lo cual tenemos que, según Martínez, Fuentes y Acevedo, (2008) el carbono orgánico del suelo (COS) se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo. Cabe resaltar que la cantidad de COS no solo depende de las condiciones ambientales locales, sino que es afectada fuertemente por el manejo del suelo. Teniendo en cuenta esto, el COS se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas afectando las propiedades del suelo relacionadas con el rendimiento sostenido de los cultivos. De lo cual se puede evidenciar que este es un componente muy importante del para la productividad del suelo, que al ser un valor bajo afecta los nutrientes presentes en este y por consiguiente los cultivos. Adicional a esto, se tiene que el contenido de MOS disminuye frecuentemente con la intensidad de labranza incrementando los flujos de CO₂ desde el suelo hacia la atmósfera (Reicosky *et al*, 1997, citado en Martínez, Fuentes y Acevedo, 2008). En vista de que el manejo agronómico convencional incluye la labranza del suelo, esto ha provocado pérdidas del COS (Sierra, 1990, Reicosky *et al.*, 1995, y Reicosky, 2002, citado en Martínez, Fuentes y Acevedo, 2008). Así mismo, otro factor que pudo haber influido en este valor es la erosión presentada en la zona de estudio, ya que la erosión del suelo, favorecida por la disminución de la MOS y de los residuos orgánicos que cubren el suelo disminuye la capacidad productiva del sistema. La erosión es comúnmente apreciada ya que hay remoción física de suelo perdiéndose parte de la capa superficial. La productividad del suelo baja en función a la magnitud de suelo removida por erosión ya que son las capas más superficiales

del suelo las que concentran la mayor concentración de carbono y de nutrientes (Bauer y Black, 1994, y Acevedo y Martínez, 2003, citado en Martínez, Fuentes y Acevedo, 2008).

7.2 Resultados Etapa 2: Identificar los Tipos de Residuos y Plantas a Utilizar para el Desarrollo de la Enmienda Orgánica y Actividades de Reforestación

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la etapa anterior, de acuerdo con las condiciones de degradación del suelo se determinó el tipo de residuos indicados para el desarrollo de la enmienda orgánica.

La enmienda aplicada consta de la unión de abonos verdes con adiciones de estiércol. Para los abonos verdes se tiene que este tipo de enmienda se caracteriza por tener una alta relación C/N debido a que las partes leñosas de las plantas son ricas en carbono, mientras que las hojas son ricas en nitrógeno (Arango-Osorno et al. 2017; Arcand et al. 2017; Dion et al. 2020; citado en Murillo, Mendoza, & Fadul, 2020). Las plantas que se emplean como abonos verdes, son generalmente fabáceas y leguminosas (Murillo et al. 2014, citado en Murillo, Mendoza, & Fadul, 2020), las cuales se asocian con bacterias nativas del suelo que fijan nitrógeno atmosférico y evitan su pérdida por lixiviación; además, mejoran las propiedades fisicoquímicas, aportan macro y micronutrientes y ayudan a mitigar los efectos de la erosión, incrementando la actividad microbiana (Zapata-Hernández et al. 2020, citado en Murillo, Mendoza, & Fadul, 2020).

Los abonos verdes son una fuente permanente de nitrógeno. De acuerdo con Sosa-Rodríguez et al. (2019) citado en Murillo, Mendoza, & Fadul, 2020, este tipo de enmiendas pueden suministrar entre el 20% y 80% de los requerimientos de nitrógeno que necesitan las plantas, por lo tanto, su adición al suelo puede reducir la utilización de fertilizantes sintéticos como el triple 15.

Para la elaboración de esta enmienda se reutilizan subproductos vegetales (ramas, hojas, troncos, frutas, aserrín, entre otras) derivados de los sistemas agrícolas y que suelen adicionarse al suelo de manera directa luego de su cosecha (Caro-Lara et al. 2009; Navia-Cuetia et al. 2013; Forján et al. 2017; citado en Murillo, Mendoza, & Fadul, 2020).

Las adiciones de estiércol son un complemento a otras enmiendas orgánicas, debido a que promueve la actividad microbiana y la estabilización de los suelos. De acuerdo con Ferreira et al. (2018), citado en Murillo, Mendoza y Fadul, 2020, la adición de estiércol bovino a residuos compostados aporta macronutrientes como N, P, K, Ca y Mg. (Murillo, Mendoza, & Fadul, 2020), estos residuos fueron obtenidos de las actividades de la finca la Bendición.

Cuadro 4

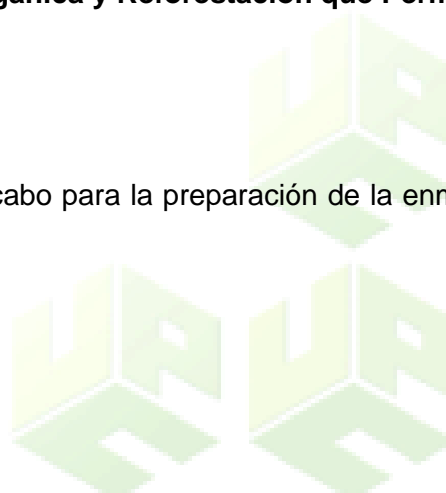
Residuos orgánicos para enmienda orgánica



7.3 Resultados Etapa 3: Elaborar la Enmienda Orgánica y Reforestación que Permitan la Recuperación de los Suelos

7.3.1 Proceso de Enmienda Orgánica

En el cuadro 5 se muestra el proceso llevado cabo para la preparación de la enmienda orgánica aplicada en la zona estudiada.



Cuadro 5

Proceso de enmienda orgánica

		
<p>Recolección de residuos orgánicos</p>	<p>Parcelación de zona de estudio</p>	<p>Primera capa de residuos orgánicos para abono verde</p>
		
<p>Segunda capa adición de estiércol a enmienda orgánica</p>	<p>Adición de tercera capa de tierra común</p>	<p>Aplicación de enmienda al suelo</p>

“En este punto se adiciona la enmienda a los suelos degradados a una profundidad de 20 cm de suelo y con la precaución de que debe ser regada estas áreas para ayudar en la mejora de las condiciones de este.

7.3.2 Actividades de Reforestación.

Para la actividad de reforestación se realizó la preparación de la tierra con la ayuda de herramientas básicas como azadón, pala, talacho, barreta, pico, coa, hacha o machete, entre otras. Para posteriormente realizar la siembra de las especies seleccionadas que fueron: *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium*. Estas fueron determinadas por medio de un análisis de las especies existente en la zona de estudio, para garantizar el desarrollo de estas.

Para el proceso de siembra se escogió el método de trasplante, seguidamente se determinó plantar los árboles de acuerdo con las diferentes topografías del terreno y áreas con diferentes condiciones para ver el comportamiento de las especies en éstas. En el cuadro 6 se muestra el proceso de siembra y seguimiento de las plantaciones.

Cuadro 6

Proceso de reforestación

			
Trasplante de especies nativa de la zona	Plantación en suelo con enmienda	Seguimiento crecimiento de plantas	Seguimiento control de malezas y riego

Se evidencio que luego de la aplicación de la enmienda, el suelo respondió bien al trasplante de las plantas, ya que se dio el crecimiento y normal desarrollo de estas.

7.4 Resultados Etapa 4: Evaluar los Cambios en las Propiedades Físicoquímicas del Suelo, en Respuesta a la Aplicación de la Enmienda Orgánica y Reforestación en el Área de Estudio

Finalmente, se realizó nuevamente la toma de muestras del suelo, en el área de estudio, para la toma de muestras se aplicó la misma metodología de la primera etapa del proyecto.

Tabla 5

Caracterización físicoquímica final de los suelos en la finca La Bendición

PARAMETRO	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
Carbono orgánico (%)	2,9	3,6
Color	SYR 3/2 Dark Reddish Brown – Marrón Rojizo Oscuro	SYR 3/2 Dark Reddish Brown – Marrón Rojizo Oscuro
Densidad aparente (g/cm ³)	0,98	1,08
Humedad (%)	3,13	5,18
pH (DC) (Suelos)	7,21	7,16
Textura	Franco-Arenoso	Franco-Arenoso

Una vez evaluado los resultados obtenidos se encontró que el suelo de la finca La Bendición, continuó presentando un color marrón rojizo oscuro, lo cual indica que se puede seguir presentando la oxidación del hierro, que indicaría que es un suelo aireado y altamente

meteorizado. El color oscuro indica presencia de materia orgánica, la turba es generalmente de color pardo (café). (Arias, 1998). Esto producto de la enmienda aplicada.

La densidad aparente paso de 0,98 g/cm³ a 1,08 g/cm³, que según Cairo (1995) citado en Castillo (2005), es un valor bajo, lo cual podría estar relacionado con la presencia de materia orgánica en el suelo, ya que la materia orgánica influye al facilitar y elevar la granulación de la estructura de los suelos, aumentando la porosidad y disminuyendo la densidad aparente. (Pritchett, 1990, citado en Castillo, 2005). En cuanto a la textura del suelo se tiene que es Franco-arenoso y posee un buen porcentaje de humedad, que paso de 3,13% a 5,18%, esto debido al riego constante que se realizó. Finalmente, hubo un leve cambio en el pH, el cual paso de 7,21 a 7,16 lo que clasifica el suelo como neutro, lo cual es beneficioso para el suelo, ya que, para Garrido, (1993) las plantas cultivadas en general presentan su mejor desarrollo en valores cercanos a la neutralidad, ya que en estas condiciones los elementos nutritivos están más fácilmente disponibles y en un equilibrio más adecuado. (Garrido Valero, 1993)

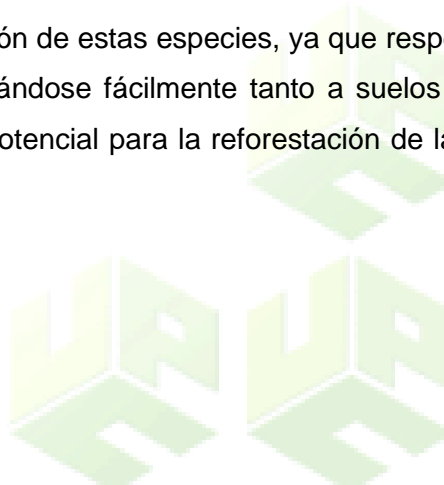
Por otro lado, se presentó un aumento leve en los niveles de carbono orgánico, lo cual es un indicio de aumento de la materia orgánica presente, lo cual es un avance importante, debido a que el COS es el componente principal de la materia orgánica del suelo (MOS) y, como tal, constituye el combustible de cualquier suelo. La MOS contribuye a funciones clave del suelo, ya que es fundamental para la estabilización de la estructura del suelo, la retención y liberación de nutrientes vegetales, y permite la infiltración y almacenamiento de agua en el suelo. Por lo tanto, es esencial para garantizar la salud del suelo, la fertilidad y la producción de alimentos. (FAO, 2017)

Esto indica que la conservación de los residuos de cosecha contribuye a la acumulación de COS, los materiales orgánicos de los tejidos de hojas, tallos y raíces aportan polímeros complejos como celulosa y lignina (Wagner y Wolf, 1998, citado en Martínez, Fuentes y Acevedo, 2008). Otra fuente de residuos corresponde a los abonos de origen animal, cuya composición puede generar efectos diferentes con respecto a los residuos vegetales para iguales tasas de incorporación (Krull *et al.*, 2004, citado en (Martinez, Fuentes, & Acevedo, 2008)). Por lo que las enmiendas aplicadas a los suelos contribuyeron a mejorar de forma leve las características de la zona estudiada, ya que al aumentar la aplicación de materia orgánica se ve reflejado el cambio

en valores como el pH, la humedad, debido al riego constante de la zona, el carbono orgánico y demás parámetros estudiados en esta investigación.

En cuanto al aporte realizado por las especies utilizadas en el proceso de reforestación, se tiene que éstas han aportado al mejoramiento de las condiciones del suelo, debido a que ambas pertenecen a la familia de fabaceae, las cuales se caracterizan por la fijación de nitrógeno atmosférico mediante bacterias simbiotas (*Allorhizobium*, *Rhizobium*, etc.) presentes en nódulos radicales, que es una característica que presentan muchas leguminosas, (Universidad Pública de la Navarra, s.f), como es el caso de la *Leucaena leucocephala*, utilizada en esta investigación, este aporte de nitrógeno por parte de las especies sumado a la alta disponibilidad de materia orgánica, debido a la enmienda aplicada proporciona condiciones favorables a los procesos de mineralización y por ende mejorará la productividad del suelo para cultivos. Igualmente, la *leucaena leucocephala* brinda como beneficio que sus raíces extendidas desintegran capas de subsuelo impermeables, lo que incrementa la penetración de agua y reduce la erosión de la superficie. Sus raíces profundas acumulan y reciclan minerales (fósforo, potasio, magnesio, calcio y boro) de las capas profundas del suelo. (González, 2018, citado en Patiño, 2020) Para el caso de la *Gliricidia sepium* (matarratón), esta especie favorece el control de la erosión, ya que brinda protección al suelo, disminuyendo la erosión, con la caída de sus hojas ayuda a conservar el agua subterránea, lo cual es favorable para la recuperación de estos terrenos degradados. (CONABIO, 1842)

Se pudo corroborar además la adecuada elección de estas especies, ya que respecto al suelo para su crecimiento son poco exigentes, adaptándose fácilmente tanto a suelos secos como a húmedos, lo cual se evidencio en su amplio potencial para la reforestación de la zona estudiada. (CONABIO, 1842)



8 CONCLUSIONES

Una vez finalizada esta investigación realizada en campo se logró el objetivo de evaluar las alternativas de enmienda orgánica y reforestación para la recuperación de suelos degradados en la finca la Bendición-Guamal bajo, Cesar, en donde se observaron algunos cambios de los parámetros fisicoquímicos del suelo estudiado, donde se obtuvo un leve aumento del carbono orgánico del suelo estudiado, esto como producto de la enmienda orgánica implementada, por lo que, aunque el cambio no fue tan significativo, si permitió mejorar en términos de mayor materia orgánica el suelo y por ende realizar un mayor aporte en los nutrientes de este. Así mismo, la humedad aumento, debido al tratamiento aplicado a la zona de estudio y el constante riego realizado. Por otro lado, se dio un leve descenso en el pH del suelo, que paso de presentar características ligeramente alcalinas a unas condiciones neutras, que serían aceptables para la mayoría de las plantas, sin embargo, para la agricultura se requiere bajar un poco más este valor.

Conforme a los resultados obtenidos luego de aplicar la enmienda orgánica al suelo de la finca La Bendición, se ha podido evidenciar que la utilización de estas enmiendas favorece la mejora de las condiciones de los suelos degradados o que han perdido su productividad, debido a procesos erosivos, ganadería extensiva, entre otros; por lo que constituye una alternativa para tener en cuenta para su aplicación en diferentes tipos de suelos con baja productividad.

En cuanto al proceso de reforestación, se obtuvo que luego de aplicada la enmienda en la zona de estudio seleccionada y de hacer el trasplante de *Leucaena Leucocephala* y la *Gliricidia Sepium* de esta misma zona, se presentó un normal crecimiento y desarrollo de estas; esto en gran medida se dio porque dichas especies son poco exigentes, adaptándose fácilmente tanto a suelos secos como a húmedos, por lo que se evidenció que pese a que los contenidos de materia orgánica iniciales del suelo no fueron tan altos, posterior a la aplicación de la enmienda alcanzaron a suplir las necesidades de las especies utilizadas, lo cual demuestra que estas especies son adecuadas para procesos de reforestación y recuperación de suelos degradados, así mismo, de continuar con estos procesos de enmienda se podría garantizar mejores condiciones para gran variedad de especies a cultivar.

9 RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con investigaciones que conduzcan a ampliar los conocimientos que estas enmiendas orgánicas traen para los suelos, así como la relación de estas con diferentes parámetros del suelo que no se hayan tenido en cuenta en esta investigación, con el fin de complementar los estudios realizados y que sean tenidas en cuentas estas alternativas para mejorar el aporte de nutrientes al suelo y aumento de la producción agrícola.

De igual forma, se hace necesario continuar con las investigaciones del efecto que genera la unión de dos o más enmienda en la mejora de los suelos, para potencializar aplicación y reducir el uso de agroquímicos que puedan deteriorar el suelo.

En cuanto al proceso de reforestación, se recomienda el uso de *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium*, ya que estas especies presentan un gran potencial de recuperación de suelos degradados, debido a su fácil adaptación a diferentes tipos de condiciones y su gran aporte de nutrientes.

Finalmente, se recomienda continuar con la aplicación de estas alternativas para mejorar el suelo estudiado en la finca La Bendición, de modo que se logren valores más aceptables para la agricultura y beneficiar el uso del suelo de esta importante región.



10 BIBLIOGRAFIA

- AGUDELO, J. F. (2006). DISEÑO DEL PLAN DE MANEJO Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL PARA LA CANTERA POZO AZUL DEL CANTÓN SUR; EJERCITO NACIONAL. Bogota D.C. Obtenido de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14771/00798196.pdf;jsessionid=03AEFFCD83A3DBC74511ABB6E7E96AC3?sequence=1>
- Alcaldía de Codazzi. (2021). Plan de desarrollo. Bienestar para todos. Obtenido de https://agustincesar.micolombiadigital.gov.co/sites/agustincesar/content/files/000384/19185_1plan-de-desarrollo-codazzi--9-de-julio-2020-ultima-actualizacion.pdf
- Arias Jiménez, A. (1998). Suelos tropicales. San Jose, Costa Rica: Universidad Estatal Distancia.
- Bonilla Buitrago, R. (2009). Proyecto "Producción de fertilizantes biológicos a partir de microorganismos nativos del género azospirillimsp. para mejorar la productividad y sostenibilidad de gramíneas en suelos del Valle del Cesar".
- Castillo Cerna, C. (2005). Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca Cusamá El Tuma - La Dalia Matagalpa. (U. N. Agraria, Ed.) Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp35c352.pdf>
- Chuquichaico, L. A. (2016). IMPACTO DE LA REFORESTACIÓN EN LA RECUPERACIÓN DE LOS SUELOS DEGRADADOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO MONZÓN - REGIÓN HUÁNUCO. Obtenido de http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1071/T_DOC.MEDI.AMBIE_DESA.SOST._08845360_CHUQUICHAICO_SAMANIEGO_LUIS%20ALBERTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Comisión Nacional Forestal (2010) Practicas de reforestación.
- CONABIO. (1842). Gliricidia sepium. Obtenido de [conabio.gob.mx: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/29-legum19m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/29-legum19m.pdf)

- CONABIO. (1987). Leucaena leucocephala. Obtenido de conabio.org.mx:
[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/44-
legum26m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/44-legum26m.pdf)
- Cuervo Jiménez, A., Narváez Solarte, W., & Hahn Von Hessberg, C. (2013). Características forrajeras de la especie Gliricidia Sepium (Jacq.) Stend, Fabaceae. Obtenido de scielo.org: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v17n1/v17n1a03.pdf>
- Díaz, 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. Medellín. Obtenido de [http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/9684/1/DiazLuis_2017_Rem-
edacionSuelosAlterados.pdf.pdf](http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/9684/1/DiazLuis_2017_Rem-edacionSuelosAlterados.pdf.pdf)
- Díaz, L., & Pérez, J. (2010). CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS EN LOS MUNICIPIOS DE LA JAGUA DE IBIRICO Y BECERRIL CENTRO DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.
- Díaz, M. A. (2016). Serranía del Perijá: Geografía, capital humano, economía y medio ambiente.
- Dolores, C. (2007). Recuperación de la Fertilidad de los Suelos de la Comunidad Costera de Dolores del Municipio Caibarién en Villa Clara. Cuba.
- Durán, J. C. (2018). Análisis Ambiental del Suelo en Proyectos de Restauración Ecológica de Ecosistemas Terrestres en Colombia (2003-2016). Bogota.
- FAO. (2017). Mapa de carbono orgánico del suelo. Obtenido de fao.org: <http://www.fao.org/3/i8195es/i8195ES.pdf>
- FAO. (s.f). Textura del suelo. Obtenido de fao.org: http://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm
- García, G. G. (2014). RECUPERACION AMBIENTAL PAISAJISTICA EL RINCON DEL LAGO. Bogota.

Garrido Valero, M. (1993). Interpretación de análisis de suelos. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf

IDEAM. (2018). suelos.

Izquierdo, C. G. (2008). ENMIENDAS ORGÁNICAS PARA SUELOS BASADAS EN RESIDUOS ORGÁNICOS.

Lopez, A. B. (2013). RESTAURACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE BIOSÓLIDO PRODUCIDO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EL SALITRE EN BOGOTÁ D. C. Bogota D.C.

Lozano Rivas, W. (2018). Suelos: Guía de prácticas simplificadas en campo y laboratorio. Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=lrJZDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=propiedades+del+suelo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwicYnPhKDwAhXAEIkFHdP0AncQ6AEwAHoECAEQAg#v=onepage&q&f=false>

Martinez, E., Fuentes, J., & Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. Obtenido de Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000100006

Muñoz, P., & Echeverría, H. (2003). Procesos tecnológicos para la renovación de praderas en la región Caribe y Valles interandinos Tomado del manual técnico "Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y Valles interandinos.

Murillo Montoya, A., Mendoza Mora, A., & Fadul Vásquez, C. J. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. Revista colombiana de investigaciones agroindustriales. Obtenido de <http://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/2503/3600>

Navarra, U. P. (s.f). Familia Leguminosae (Fabaceae). Obtenido de unavarra.es: <https://www.unavarra.es/herbario/htm/Leguminosae.htm#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%3A%20plantas%20herb%C3%A1ceas%2C%20trepadoras%2C,%C3%BAltimas%20tr>

[ifoliadas%2C%20pinnadas%20o%20digitadas.&text=Este%20tipo%20de%20corola%20se%20denomina%20papilion%C3%A1cea](#)

Pita, S. & Pértegas, S. (2002) Investigación cuantitativa y cualitativa. Obtenido de https://fisterra.com/mbe/investiga/cuanti_cuali/cuanti_cuali2.pdf

Rangel, O., Carvajal, J. E., & Arellano, H. (2009). Suelos de la serranía de Perijá. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/313684087_Suelos_de_la_serrania_de_Perija

Rodríguez, E. C. (2016). LA AGRICULTURA CONVENCIONAL DEL CULTIVO DE CACAO Y SU EFECTO EN LA EROSIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA VERSUS BOSQUE PRIMARIO EN JAUNECHE - ECUADOR. Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11547/1/TESIS%20EDUARDO%20RODRIGUEZ%202016.pdf>

Rojas, A. E., & Ibarra, J. (2008). La degradación del suelo y sus efectos sobre la población.

Rojas, C. A. (2005). RECUPERACIÓN DE SUELOS AFECTADOS POR SALES EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA MEDIANTE EL USO DE VINAZA CONCENTRADA. Bogotá D.C.

Romero, C. M. (2014). ESTADO DEGRADACIÓN/RECUPERACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS EN EL DEPARTAMENTO TERCERO ARRIBA (CÓRDOBA). Córdoba. Obtenido de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1747/Romero%20-%20Estado%20degradaci%C3%B3n%20recuperaci%C3%B3n%20de%20suelos%20agr%C3%ADcolas..%20%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, G. C. (2012). Degradación de suelos agrícolas.

Toledo, M. (2016). Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras. Conceptos y métodos. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf;jsessionid=C71EF6BE88A85EC291F6205B1C62DF9C?sequence=1>

11 ANEXOS

Anexo 1. Caracterización fisicoquímica inicial – Laboratorio Nancy Flores

Laboratorios Nancy Flores García S.A.S
Confiables a todos los niveles
Nº: 824.005.598-0

COD: RO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANALISIS
Nº 41227

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
EMPRESA : ANDRÉS CAMILLO SÁENZ RIVERA
DIRECCIÓN : MZ 52 CASA 32 450 AÑOS
CONTACTO : ANDRÉS SÁENZ
CARGO : ESTUDIANTE

NIT : 1.065.655.446
CIUDAD : VALLEDUPAR
TELÉFONO : 3006.228.657


INFORMACIÓN DE LA MUESTRA
NOMBRE : SUELOS
LUGAR DE MUESTREO : FINCA LA BENDICION CODAZZI
PUNTO DE MUESTREO : POTRERO ATRAS DE LA CASA APROX 100M
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE CODIGO : 2103666.12
PLAN DE MUESTREO : N.S LOTE : N.A.
PROC. DE MUESTREO : N.S REGISTRO INVIMA : N.A.

HORA MUESTRA : 08:00
MUESTREO : 20/02/11
RECEPCIÓN : 20/02/20
INICIO ENSAYOS : 20/03/02
FINAL ENSAYOS : 20/03/03
INFORME : 20/03/03

Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LOM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Carbono Orgánico Total % (S)	NTCS403 Walkley & Black - Titulométrica	-	20/03/02	2,9
Color (Carta Munsell) (S)	- CARTA MUNSELL	-	20/03/02	Ver Anexo
Densidad Aparente g/cm ³ (S)	UBC 105 - Gravimetría	-	20/03/02	0,98
Humedad % (S)	NTC 1495 - 10 - B - Electrométrica	-	20/03/02	1,13
pH (DCY/SUBS) (S)	-	-	20/03/02	7,21
Textura (S)	IGAC - Bouyoucos	-	20/03/02	Fracto-Arenoso

NOTA :
Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.
Ver Anexo resultado de Color.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LOM): Límite de cuantificación del método
Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumple en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución Nº 0398 de 02 de mayo 2015 por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCIA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCIA SAS, para producir información cuantitativa, física, química y biológica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

APROBO

KARINA CAMPO
TP. 00.3859
Coordinador Técnico de Laboratorio
Fin de Informe

Página 1 de 1

Teléfonos: (5)584.207.2 Fax: 5.7039.20-3.145.060.908 E-mail: calidad.amb@labnancyflorez.com.co
Calle 16a Nro. 16-38 - Valledupar

Anexo 2. Análisis físico inicial – Laboratorio Nancy Flores


ASISTENCIA TÉCNICA AGRÍCOLA
CONTROL DE CALIDAD
FOJARA
SUELOS
AGUARS

**ANÁLISIS FÍSICO
No. 4901**

Identificación del documento
FAD 21 - Versión 1

Empresa:	Laboratorio Nancy Flores García S.A.S.	Fecha de Muestreo:	2020-02-11
Dirección:	Cra 16 No. 13 C- 72	Fecha de Recepción:	2020-02-17
Ciudad:	Valledupar	Fecha de Reporte:	2020-02-27
Matriz:	Suelo	Fecha de Emisión:	2020-03-03
Descripción:	Suelo color café	Orden de Trabajo No.	95341
Municipio:	VALLEDUPAR CES		
Identificación:	Cód: 210366612 - Potrero Afuera de la Casa Aprox. 100 m		
Remitente:	Yahid Pineda		

REPORTE DE RESULTADOS

Parámetro:	Reporte	Metodos Analíticos
Color en Humedad:	SYR 3/2 Dark Reddish Brown - Marrón Rojo Oscuro	Carta Munsell

Prohibida la copia total o parcial del presente informe. Toda copia autorizada deberá llevar este sello en original y en cada una de sus páginas. Los presentes resultados serán válidos exclusivamente a la muestra recibida en el Laboratorio y no a otros materiales de la misma procedencia.

Lugar de Emisión: Laboratorio Doctor Calderón Asistencia Técnica Agrícola Ltda.

Fin del Informe.

Somos su mejor alternativa...


Felipe Calderón Sáenz
Director Técnico; T.P. 3198


Andrés Castro Acuña
Jefe de Laboratorio; P.Q. 06582

Anexo 3. Caracterización fisicoquímica final – Laboratorio Nancy Flores

Laboratorios Nancy Flores García S.A.S. **Laboratorios Nancy Flores García S.A.S.** **Laboratorios Nancy Flores García S.A.S.** **Laboratorios Nancy Flores García S.A.S.**

Laboratorios Nancy Flores García S.A.S.
Confiables e todo prueba
NIT: 824.005.558-0

COD: RD-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANALISIS
N° 41327

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
EMPRESA : ANDRES CAMILO SAENZ RIVERA
DIRECCION : MZ 62 CASA 37 450 AÑOS
CONTACTO : ANDRES SAENZ
CARGO : ESTUDIANTE

NIT : 1065655-446
CIUDAD : VALLEDUPAR
TELÉFONO : 3006 228657


INFORMACIÓN DE LA MUESTRA
NOMBRE : SUELOS
LUGAR DE MUESTREO : FINCA LA BENDICION CODAZZI
PUNTO DE MUESTREO : POTRERO ATRAS DE LA CASA APROX 100M
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE CODIGO : 210 3666 12
PLAN DE MUESTREO : N.S. LOTE : N.A.
PROC. DE MUESTREO : N.S. REGISTRO INVIMA : N.A.

HORA MUESTRA : 08:00
MUESTREO : 20 21/03/17
RECEPCIÓN : 20 21/03/17
INICIO ENSAYOS : 20 21/04/06
FINAL ENSAYOS : 20 21/04/07
INFORME : 20 21/04/07

Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Carbono Organico Total % (S)	NTC 5403 Walkley & Blade - Titulmetro	-	2021/04/06	3,6
Color (Carta Munsell) (S)	- CARTA MUNSELL	-	2021/04/06	Ver Anexo
Densidad Aparente g/cm3 (S)	LSC 165 - Granometría	-	2021/04/06	1,08
Humedad % (S)	NTC 1495 - MO - B - Balanzamiento	-	2021/04/06	5,18
pH (DC) SUELOS(S)	-	-	2021/04/06	7,16
Textura (S)	KAC - Bouyoucos	-	2021/04/06	Franco-Arenoso

NOTA:
Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.
Ver Anexo resultado de Color.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método
Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumple en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA SAS, para producir información cuantitativa, física, química y biológica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

APROBO

KARINA CAMPO
TP: RD 1000
Coordinador Técnico de Laboratorio
Fin de Informe

Página 1 de 1

Teléfonos: (5) 584 2072 Fax: 5 7039 20-3 145 060 908 E-mail: calidad.ambiental@labsnancyflores.com.co
Calle 16 a Nro. 16-38 - Valledupar

Anexo 4. Análisis químico final – Laboratorio Nancy Flores.

**ASISTENCIA TÉCNICA AGRÍCOLA
CONTROL DE CALIDAD
FOUJRA
SUELOS
AGUAS**
**ANÁLISIS FÍSICO
No. 5004**
*Identificación del documento
EAD 21 - Versión 1*

Empresa:	Laboratorios Nancy Flores García S.A.S.	Fecha de Muestreo:	2021-03-17
Dirección:	Cra 15 No. 13 C - 72	Fecha de Recepción:	2021-03-23
Ciudad:	Valledupar	Fecha de Reporte:	2021-03-31
Matriz:	Suelo	Fecha de Emisión:	2021-04-05
Descripción:	Suelo odor café	Orden de Trabajo No.:	70107
Municipio:	VALLEDUPAR CES		
Identificación:	Cód: 21036612 - Potrero Atrás de la Casa Aprox. 100 m		
Remite:	Yahidis Pinada		

REPORTE DE RESULTADOS

Parámetro:	Reporte	Métodos Analíticos
Color en Humedo:	S'YR 3/2 Dark Reddish Brown - Marrón Rojizo Oscuro	Cata Mursel

Prohibida la copia total o parcial del presente informe. Toda copia autorizada deberá llevar este sello en original y en cada una de sus páginas. Los presentes resultados analíticos corresponden exclusivamente a la muestra recibida en el Laboratorio y no a otros materiales de la misma procedencia.


Lugar de Envío: Laboratorios Doctor Calderón Asistencia Técnica Agrícola Ltda.
*Página 1/1
Fin del Informe.*

Somos su mejor alternativa...

Felipe Calderón Sáenz
Director Técnico; T.P. 3186

Andrés Castro
Andrés Castro Acuña
Jefe de Laboratorio; P.Q. 06582