

REHABILITACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS A TRAVÉS DE ABONO
ORGÁNICO Y AZUFRE ELEMENTAL EN LA FINCA LAS ÁNIMAS REGIÓN LAS
TRUPIÁS DEL MUNICIPIO DE SAN DIEGO, CESAR.

CINDY LORAINIS VALENCIA POTOSÍ
LINA MARCELA CANTILLO CASTRO

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR, 2021

REHABILITACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS A TRAVÉS DE ABONO
ORGÁNICO Y AZUFRE ELEMENTAL EN LA FINCA LAS ÁNIMAS REGIÓN LAS
TRUPIÁS DEL MUNICIPIO DE SAN DIEGO, CESAR.

CINDY LORAINIS VALENCIA POTOSÍ

LINA MARCELA CANTILLO CASTRO

DIRECTOR

ORLANDO ENRIQUE RUBIANO LARA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR, 2021

El presente proyecto lo dedicamos principalmente a Dios, por ser inspirador, darnos el vigor y la valentía para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor incondicional, trabajo y esmero en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Orgullosas y privilegiadas de ser sus hijas, son los mejores.

A nuestros hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

Finalmente, a todas las personas que nos han brindado apoyo y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestra gratitud a Dios, por usarnos como instrumento de realización de este trabajo investigativo, por el denuedo y la sabiduría para soportar las adversidades que se nos presentaron a lo largo del camino.

A nuestro director Orlando Enrique Rubiano Lara, quien con sus conocimientos y apoyo nos guio a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados esperados.

A los propietarios de la finca las animas por facilitarnos el espacio y las herramientas necesarias para desarrollar la etapa experimental de la investigación, gracias a su ayuda pudimos llevarlo a cabo de manera satisfactoria.

Por último, pero no menos importante agradecerles a nuestros padres, en especial a Elier Cantillo, quien siempre estuvo presente brindándonos su apoyo físico e intelectual, lo cual nos motivó a seguir adelante.

Índice general de contenidos

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
2.	JUSTIFICACIÓN	14
3.	OBJETIVOS.....	15
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	15
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICO	15
3.2.1.	Analizar físico-químico y microbiológicamente las características del suelo la finca las animas.....	15
3.2.2.	Comparar los rendimientos del indicador que es un cultivo establecido de habichuela.....	15
3.2.3.	Aplicar las técnicas de abono orgánico y azufre elemental a dichos suelos.....	15
3.2.4.	Estimar los resultados obtenidos de dichas técnicas.....	15
4.	MARCO REFERENCIAL	16
4.1.	ANTECEDENTES	16
4.1.1.	Internacionales.....	16
4.1.2.	Nacionales.....	18
4.1.3.	Regionales.....	19
4.2.	MARCO TEORICO	19
4.3.	MARCO CONCEPTUAL	31
4.4.	MARCO LEGAL.....	34
4.5.	MARCO CONTEXTUAL	38
	38
	38
4.5.1.	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL CORREGIMIENTO DE LAS TRUPÍAS, CESAR	39
4.5.2.	LÍMITES.....	39
4.5.3.	CLIMA.....	39
5.	MARCO METODOLÓGICO	40
5.1.	HIPÓTESIS.....	40
6.	METODOLOGÍA	40

6.1.	TIPOS DE LA INVESTIGACIÓN	40
6.1.1.	DESCRIPTIVA	40
6.1.2.	EXPLORATORIA.....	41
6.1.3.	LINEA DE INVESTIGACIÓN	41
6.1.4.	SUB LINEA DE INVESTIGACIÓN.....	41
6.1.5.	POBLACIÓN	41
6.2.	MUESTRA	41
6.3.	DESARROLLO METODOLÓGICO.	42
6.4.	ENVIO DE MUESTRAS AL LABORATORIO	45
6.5.	PREPARACIÓN DEL SUELO.....	45
6.6.1.	RIEGOS	46
6.6.2.	CONTROLES DE MALEZA	46
6.6.3.	CONTROL DE PLAGAS.....	46
7.	DISEÑO EXPERIMENTAL	47
7.1.	TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.....	47
7.2.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48
7.2.1.	NÚMERO DE REPETICIONES.....	49
7.2.2.	NÚMERO DE TRATAMIENTOS.....	50
7.2.3.	ESQUEMA DEL ANALISIS de varianza ADEVA.....	50
7.3.	DATOS EVALUADOS	50
8.	ANALISIS DE RESULTADOS	51
8.1.	ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO DE LAS PLANTAS.....	51
8.2.	ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO DE HOJAS.....	52
8.3.	ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS DEL SUELO.....	53
8.4.1.	TEXTURA.....	53
8.4.2.	PH.....	53
8.4.3.	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	54
8.4.	NUTRIENTES PRIMARIOS.....	55
8.5.1.	NITRÓGENO.....	55
8.5.2.	FÓSFORO	56
8.5.3.	POTASIO	56
8.5.	NUTRIENTES SECUNDARIOS.....	57

8.6.1.	CALCIO.....	57
8.6.2.	AZUFRE.....	58
8.6.3.	MAGNESIO	59
8.6.4.	SODIO.....	60
8.6.	MATERIA ORGÁNICA.....	60
8.7.	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	60
8.8.	C.I.C	62
9.	CONCLUSIONES.....	63
10.	RECOMENDACIONES.....	64
A la hora de realizar un estudio de campo donde se utilice abono orgánico es recomendable hacer estudios de laboratorios más profundos con el fin de conocer mejor las propiedades del suelo a utilizar.		
		64
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	66
12.	ANEXOS	69

Índice de tablas

Tabla 1 Marco Legal	34
Tabla 2 tratamientos.....	47
Tabla 3 ADEVA.....	50
Tabla 4 ANOVA peso de las plantas	51
Tabla 5 prueba de tukey al 5%.....	52
Tabla 6 ANOVA para el numero de hojas	52
Tabla 7 prueba de tukey al 5%.....	53

Índice de imágenes

Imagen 1 corregimiento de las trupías.....	38
Imagen 2 área superficial del corregimiento de las trupías	38
imagen 3 Esquema de siembra.....	43
imagen 4 preparación del abono.....	45
Imagen 5 Parcelas con sus respectivas dosis del tratamiento.	46
Imagen 6 planta afectada por minador y mosca blanca	47
Imagen 7 distribución de las parcelas experimentales para el diseño de bloques completamente al azar.	49
Imagen 8 diagrama de troug	54
Imagen 9 condiciones mínimas químicas en el suelo requeridas para la producción de habichuela	59

Índice de gráficas

Gráfica 1 propiedades físicas del suelo con y sin tratamientos.....	55
Gráfica 2 cantidades presente de nitrógeno, fosforo y potasio en el suelo con y sin tratamiento	57
Gráfica 3 cantidades presentes de calcio, azufre, magnesio y sodio en el suelo con y sin tratamiento.	58
Gráfica 4 análisis microbiológico	61

Índice de anexos

Anexo 1 Resultados obtempo peso de las platas en cada tratamiento.	69
Anexo 2 Resultados obtenidos en campo número de hojas.....	70
Anexo 3 Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los análisis de laboratorio muestra 1 (antes de la aplicación de los tratamientos).....	71
Anexo 4 resultados físicos químicos y microbiológicos del laboratorio muestra 2 (después de la aplicación de tratamientos).....	73
Anexo 5 Tabla de valores de referencia de condiciones de suelos.....	74
Anexo 6 evidencias fotográficas	75

INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso muy importante y de gran valor para la producción de alimentos para la humanidad, por tanto, debe mantenerse y conservarse de forma adecuada, considerando que la regeneración es dificultosa y que después de dos mil (2000) años tan solo se regeneran (10) diez centímetros de suelo fértil, gracias a la descomposición de rocas por efecto del sol, las lluvias, el viento los animales y las plantas.

La degradación del suelo se puede dar por muchos factores, como la tala de bosques, la agricultura excesiva o simplemente por condiciones climáticas y ambientales características de la zona.

Con base en esto, hemos planteado una propuesta de recuperación para suelos degradados a través de abono orgánico y azufre elemental, los cuales aportarán nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de los organismos vivos, y para mejorar las condiciones fisicoquímicas del mismo, este se llevará a cabo en la finca las ánimas, región las trupías del municipio de san diego cesar, cuya zona se caracteriza por presentar suelos improductivos por el nivel de degradación que tienen.

Teniendo en cuenta las investigaciones anteriormente llevadas a cabo por distintos autores, enfocados en recuperación de suelos con diversas causas de afectación y características similares, podemos ver la viabilidad en las técnicas a efectuar, por la relación y similitud de la metodología usada.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los suelos sanos son el soporte del sistema alimentario. Además, son la base de la agronomía y el medio en el cual crecen casi todas las plantas destinadas a la producción de alimentos. Los suelos sanos producen cultivos sanos que alimentan a las personas y a los animales. De hecho, la calidad de los suelos está directamente relacionada con la calidad y la cantidad de alimentos (FAO, 2015), esto responde a la necesidad productiva y económica de la población y a la problemática ambiental. La supresión de la cobertura vegetal herbácea y el desmonte descontrolado y las sequías originadas por alteraciones climáticas naturales y antrópicas forman los principales desencadenantes del proceso de desertificación. El manejo irracional del suelo y el agua son factores determinantes de su dirección, velocidad y ocurrencia (ING. M.PISCITELLI 2015). Por lo que afecta directamente a la comunidad que se abastece de esto; con los suelos improductivos disminuye la capacidad de uso y el desarrollo económico de la zona.

En la región las trupías, se puede evidenciar como este efecto se ha venido presentando desde años atrás, la causa de esto es netamente natural puesto que la zona cuenta con las condiciones necesarias para que este se desarrolle y prevalezca, sus características son notables. En la zona se puede observar la carencia de vegetación, el cual es factor importante para la protección de los suelos frente a la erosión y desertificación, ya que las agua lluvias caen directamente al suelo provocando una escorrentía superficial que lo afecta y lo erosiona.

1.1.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Será posible mejorar las características fisicoquímicas del suelo a través de abono orgánico?

¿Se podrá rehabilitar estos suelos con esta técnica?

¿Podrán volverse productivos estos suelos?

2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se plantea con el fin de rehabilitar los suelos degradados naturalmente, para tal fin se ha escogido cierta técnica de recuperación, las cuales suponen un mejoramiento notable del mismo.

La técnica a aplicar, es el abono orgánico y el azufre elemental, el primero mejora las condiciones físicas y químicas de los suelos como la aireación, suministran diferentes nutrientes y también mejoran las condiciones microbiológicas ya que aportan una serie de microorganismos que benefician el suelo.

El azufre al ser aplicado al suelo está sujeto a una oxidación microbiológica, a través de la cual se transforma a sulfato en condiciones aeróbicas lo que conduce a una disminución del pH del suelo (Brady, Deng y Dick 1990), lo cual será favorable para el objetivo buscado, que es obtener un pH alcalino.

Estas técnicas a aplicar son viables y económicas, que van de la mano con un desarrollo sostenible y ambiental, incluyen la recuperación de la cobertura vegetal y prevé generación de empleo para la población por medio de actividades agrícolas sostenibles a futuro.

3. OBJETIVOS

3.1.OBJETIVO GENERAL

Rehabilitar los suelos degradados a través de abono orgánico y azufre elemental en la finca las ánimas región las trupías del municipio de san diego, cesar.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO

- 3.2.1. Analizar físico-químico y microbiológicamente las características del suelo la finca las animas.**
- 3.2.2. Comparar los rendimientos del indicador que es un cultivo establecido de habichuela.**
- 3.2.3. Aplicar las técnicas de abono orgánico y azufre elemental a dichos suelos.**
- 3.2.4. Estimar los resultados obtenidos de dichas técnicas.**

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES

4.1.1. Internacionales

[1] (Manzano j. rivera p. y otros 2014) rehabilitación de suelos salinos-sódicos: estudio de caso en el distrito de riego 086, Jiménez Tamaulipas-México, se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, con arreglo factorial $2 \times 2 \times 3$ para el ensayo de dos suelos dos niveles de mejorador orgánico o estiércol bovino y tres niveles de mejorador inorgánico con tres repicas de tratamientos, se evaluó el impacto de la aplicación de estiércol bovino, yeso ácido sulfúrico y lavado de suelos sobre la concentración de sales solubles y la cantidad de suelos salinos-sódicos provenientes del distrito de riego 086 de Jiménez, Tamaulipas. El mejorador que más disminuyó el pH del suelo fue el ácido sulfúrico mientras que el yeso y el estiércol no tuvieron diferencias significativas entre sí en esta variable, el ácido sulfúrico tuvo un mayor efecto en el suelo previamente enriquecido con estiércol dada la eficiencia en la neutralización del compuesto de reacción alcalina.

[2] (A. Báez, M. Gómez y colaboradores 2015) “inoculación con hongos micorrizicos y fertilización con urea de plantas de *fraxinus uhdei* en acrisoles proveniente de sitios degradados” En suelos severamente degradados el establecimiento de plantas se dificulta por la falta de estructura, de microorganismos del suelo y en muchos casos por las bajas concentraciones de macronutrientes. En estas condiciones, el uso de interacciones con hongos micorrizicos, podría ser una estrategia efectiva para la revegetación y la restauración ecológica. Se realizó un experimento con sustrato obtenido de un sitio severamente erosionado (acrisoles con presencia de cárcavas) en un sistema de mesocosmos, con el objetivo de evaluar el desempeño de *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh (fresno) inoculado con los hongos micorrizicos *Pisolithus tinctorius* y *Rhizophagus intraradices*, solos o en

interacción y en presencia/ausencia de fertilización nitrogenada. Se evaluó la altura, la cobertura de la copa, el diámetro a la altura de la base del tallo y el número de hojas al finalizar el experimento y se cosechó la biomasa. Se prepararon muestras para verificar la micorrización. Los resultados indicaron que la fertilización no tuvo efecto significativo sobre el desarrollo de las plantas, pero, afectó negativamente la supervivencia (con urea 67 %, sin urea 90 %). Los mayores valores para las variables de crecimiento y la biomasa aérea siempre correspondieron a las plantas con inoculación dual, y los menores para las plantas control o las inoculadas con *P. tinctorius* (altura 23.3 cm contra 15.8 cm para *P. tinctorius*, diámetro a la altura de la base 0.74 cm contra 0.5 para *P. tinctorius*, el peso seco de las partes aéreas 2.0 g contra 1.0 g del control). Los resultados sugieren que en suelos que presentan condiciones severas de degradación la co-inoculación de plantas adaptadas a condiciones adversas puede ser una estrategia eficiente de revegetación.

[3] (C. Sierra, A. Lancillotti y colaboradores 2006) "azufre elemental como corrector del PH la fertilidad de algunos suelos de la zona iii y iv región de Chile" En los suelos de la zona norte de Chile existen suelos con carbonatos, situación que influye sobre la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. En el presente experimento se evaluó en condiciones de laboratorio, el efecto de la aplicación de azufre elemental sobre el pH, conductividad eléctrica y micronutrientes en seis suelos de la III y IV Región, Chile. El azufre se aplicó en dosis de 500 y 1000 mg S° kg⁻¹, y el suelo se incubó por períodos de 60 y 120 días a 80% de su capacidad de campo a 25°C. El experimento se estableció con un diseño de tratamientos completamente al azar con arreglo factorial, donde los factores fueron: suelo, dosis de azufre elemental y tiempo de incubación. Los recipientes en incubación se distribuyeron de acuerdo a un diseño completamente al azar. Las características de los suelos que más influyeron sobre la magnitud del efecto acidificante del azufre elemental fueron los contenidos de CaCO₃, materia orgánica y arena. Las reducciones de pH significativas se presentaron en los suelos con una menor capacidad tampón, como

consecuencia del menor contenido de CaCO_3 y materia orgánica. La conductividad eléctrica se incrementó por la aplicación del azufre elemental, debido al aumento de sales solubles en el suelo. Los niveles de los micronutrientes Fe, Mn y Cu se incrementaron en los suelos cuyos pH disminuyeron significativamente, siendo el Mn el más influenciado por la acidificación. Esta información es de utilidad para establecer programas de aplicación de enmiendas en suelos calcáreos de la zona norte de Chile.

4.1.2. Nacionales

[4] (Zúñiga o, ozorio j. y otros 2011) Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos Degradados por Salinidad La hacienda Las Gramas, se encuentra sobre la consociación de suelo El Limón, localizada en los cauces abandonados del río Cauca entre Toro y Roldanillo sobre la margen del río. En general, presenta relieves de forma convexa y amplitud corta de sentido longitudinal. Los suelos se han desarrollado en aluviones finos. Los suelos presentan moderadas limitaciones para la agricultura y la ganadería, debido a las texturas finas y la afección sectorizada por sales y por sodio en grado ligero. Se definieron tres tecnologías a comparar frente a la propuesta convencional basada en la teoría del USDA (United States Department of Agriculture) de enmiendas químicas (yeso - azufre) que se manejaran en los últimos 30 años por la CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca), y en donde se ha comprobado que en muchos casos no surtieron efecto y que por costo muchos agricultores desecharon. Por experiencias no publicadas de agricultores del Valle del Cauca se planteó la aplicación de 3 tratamientos alternativos al tradicional como fueron los 1. Biofertilizantes, 2. Biopolímeros, 3. Electromagnetismo.

4.1.3. Regionales

[5] (R. simanca 2017) efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y azufre elemental sobre propiedades químicas, físicas y biológicas de un suelo sódico *typic haplutepts* con cultivo de maíz (*zea mayz*) en el copey-cesar. Se estableció un ensayo en campo de 9 tratamientos con tres repeticiones, agrupados en un diseño de bloques completos al azar, para un total de 27 parcelas de 10m² que consistían de aplicaciones únicas o mezcladas de materia orgánica de *Prosopis juliflora* o vermicompost y azufre elemental, correspondiente al 100% de la cantidad requerida de azufre elemental para disminuir el porcentaje de saturación de sodio intercambiable (PSI) hasta 5%. Se determinaron las propiedades biológicas biomasa microbiana (BMC) a través del método de fumigación incubación, respiración microbiana (RMS) por la técnica de jarra cerrada, la actividad de las enzimas fosfatasas (alcalina y acida), proteasa y actividad hidrolítica del suelo mediante la hidrolisis del diacetato de fluoresceína (FDA); así como algunas propiedades fisicoquímicas del suelo asociadas a sodicidad. El efecto sobre las propiedades biológicas del suelo dependió del tipo de insumo utilizado y su composición, dada las diferencias que se encontraron entre tratamientos. De forma en general la aplicación de enmiendas orgánicas afecta positivamente la RMS y la FDA a largo tiempo; mientras que la aplicación de azufre elemental aumenta la BMC pero tiende con el tiempo a disminuir la RMS y la actividad de las enzimas medidas, al menos que este sea mezclado con ambas enmiendas orgánicas.

4.2. MARCO TEORICO

Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella.

Son muchos los procesos que pueden contribuir a crear un suelo particular, algunos de estos son: la deposición eólica, sedimentación en cursos de agua, meteorización, y deposición de material orgánico. [6] (C. crespo, 2004)

De un modo simplificado puede decirse que las etapas implicadas en la formación del suelo son las siguientes: «Instalación de los seres vivos (microorganismos, líquenes, musgos, etc.) sobre ese sustrato inorgánico». Esta es la fase más significativa, ya que, con sus procesos vitales y metabólicos, continúan la meteorización de los minerales, iniciada por mecanismos inorgánicos. Además, los restos vegetales y animales a través de la fermentación y la putrefacción enriquecen ese sustrato. [6] (C. Crespo, 2004)

«Mezcla de todos estos elementos entre sí, y con agua y aire intersticiales». Inicialmente, se da la alteración de factores físicos y químicos de las rocas, realizada, fundamentalmente, por la acción geológica del agua y otros agentes geológicos externos, y posteriormente por la influencia de los seres vivos, que es fundamental en este proceso de formación. Se desarrolla así una estructura en niveles superpuestos, conocida como el perfil de un suelo, y una composición química y biológica definida. Las características locales de los sistemas implicados litología y relieve, clima y biota y sus interacciones dan lugar a los diferentes tipos de suelo. [6] (Carlos Crespo, 2004)

Los procesos de alteración mecánica y meteorización química de las rocas, determinan la formación de un manto de alteración o coluvión que, cuando por la acción de los mecanismos de transporte de laderas, es desplazado de su posición de origen, se denomina coluvión. [6] (Carlos Crespo, 2004)

Sobre los materiales del coluvión, puede desarrollarse lo que comúnmente se conoce como suelo; el suelo es el resultado de la dinámica física, química y biológica de los materiales alterados del coluvión, originándose en su seno una diferenciación vertical en niveles horizontales u horizontes. En estos procesos, los de carácter biológico y bioquímico llegan a adquirir una gran importancia, ya sea por la descomposición de los productos vegetales y su metabolismo, por los microorganismos y los animales zapadores. [6] (Carlos Crespo, 2004)

El conjunto de disciplinas que se abocan al estudio del suelo se engloba en el conjunto denominado *Ciencias del Suelo*, aunque entre ellas predomina la

edafología e incluso se usa el adjetivo edáfico para todo lo relativo al suelo. El estudio del suelo implica el análisis de su mineralogía, su física, su química y su biología. [6] (Carlos creso, 2004)

Existen dos clasificaciones para los tipos de suelo, una según su estructura y otra de acuerdo a sus formas físicas: Por estructura suelos arenosos no retienen el agua, tienen muy poca materia orgánica y no son aptos para la agricultura.

Suelos calizos: Tienen abundancia de sales calcáreas, son de color blanco, seco y árido, y no son buenos para la agricultura.

Suelos humiteros (tierra negra): Tienen abundante materia orgánica en descomposición, de color oscuro, retienen bien el agua y son excelentes para el cultivo.

Suelos arcillosos: Están formados por granos finos de color amarillento y retienen el agua formando charcos. Si se mezclan con el humus que es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza pueden ser buenos para cultivar.

Suelos pedregosos: Formados por rocas de todos los tamaños, no retienen el agua y no son buenos para el cultivo.

Suelos mixtos: Tiene características intermedias entre los suelos arenosos y los suelos arcillosos mezclados. [6] (Carlos creso, 2004)

Textura: la textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades. [7] (FAO 2017)

El triángulo de textura de suelos según la FAO se usa como una herramienta para clasificar la textura. Partículas del suelo que superan tamaño de 2.0mm se definen como piedra y grava y también se incluyen en la clase de textura. Por ejemplo, un

suelo arenoso con 20% de grava se clasifica como franco arenoso con presencia de gravas. Cuando predominan componentes orgánicos se forman suelos orgánicos en vez de minerales. [7] (FAO 2017)

Color: el color del suelo depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes. Se puede evaluar como una medida indirecta ciertas propiedades del suelo. Se usa para distinguir las secuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato. [7] (FAO 2017)

Consistencia: La consistencia es la propiedad que define la resistencia del suelo a la deformación o ruptura que pueden aplicar sobre él. Según su contenido de humedad la consistencia del suelo puede ser dura, muy dura y suave. Se mide mediante tres niveles de humedad; aire-seco, húmedo y mojado. Para la construcción sobre él se requiere medidas más precisas de resistencia del suelo antes de la obra. [7] (FAO 2017)

Porosidad: El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas. [7] (FAO 2017)

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad

de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc.). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrogeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica. La unidad de medición de CIC es en centimoles de carga por kg de suelo cmol/kg o meq/ 100g de suelo. [8] (FAO 2017)

El pH (potencial de hidrógeno) determina el grado de absorción de iones (H⁺) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino). Los suelos muy ácidos (<5,5) tienden presentar cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos muy alcalinos (>8,5) tienden a dispersarse. La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos y para los cultivos agrícolas el valor del pH ideal se encuentra en 6,5. [8] (FAO 2017)

La cantidad de nutrientes presente en el suelo determina su potencial para alimentar organismos vivos. Los 16 nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas se suelen clasificar entre macro y micro nutrientes dependiendo de su requerimiento para el desarrollo de las plantas. Los macronutrientes se requieren en grandes cantidades e incluyen Carbono(C), Hidrógeno (H), Nitrógeno(N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre(S). Los micronutrientes por otro lado se requieren en pequeñas, su insuficiencia puede dar lugar a carencia y su exceso a toxicidad, se refieren a Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl). [8] (FAO 2017)

El nitrógeno del suelo es uno de los elementos de mayor importancia para la nutrición de las plantas y más ampliamente distribuido en la naturaleza. Se asimila por las plantas en forma catiónica de amonio NH_4^+ o aniónica de nitrato NO_3^- . A pesar de su amplia distribución en la naturaleza se encuentra en forma inorgánica por lo que no se pueden asimilar directamente. [8] (FAO 2017)

Además, existen las formas gaseosas del N, pero son muy pequeñas y difíciles de detectar como óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO_2), amoníaco (NH_3) y nitrógeno molecular presente en la atmósfera del suelo (N_2). [8] (FAO 2017)

Se define Degradación de suelos a un cambio en el estado del mismo pero el cual resulta en una disminución de su capacidad inicial para proveer bienes y servicios.

Tierra es un ambiente físico- geográfico que incluye un determinado tipo o tipos de suelos, (se incluye también su material de origen), clima, relieve, hidrología y vegetación nativa. Como vemos el suelo es un componente de las tierras.

Es importante considerar que cuando un suelo pierde su capacidad productiva, también ocurren modificaciones en el clima o microclima estrechamente vinculado a él (ecósfera), en la hidrología y en la vegetación.

Podemos imaginarnos la superficie de la tierra como un continuum de “sets” de ambientes, cada uno de ellos con características propias. Si bien en cada “set” podemos reconocer los tipos de componentes ambientales antes citados (clima, relieve, suelos, hidrología, vegetación nativa) los mismos suelen diferenciarse regionalmente, e interactuar también de distinta forma. Un suelo en un ambiente determinado, debido a su interacción con el clima, el relieve y la vegetación de ese ambiente, puede cambiar más rápida o más drásticamente de estado y como

consecuencia perder más fácilmente su capacidad original de producción.[9] (M. piscitelli 2015).

Cuando se pone en producción un suelo, podemos mantener el estado de vínculo que tiene naturalmente con los otros componentes del ambiente o bien podemos alterarlo. Esto va a depender de la calidad e intensidad de uso y manejo que ejecutemos en el mismo para obtener beneficios productivos. [9] (M. piscitelli 2015).

Si cambiamos las interrelaciones de un ambiente, generamos otras, que pueden conducir a que se favorezcan procesos a “ritmos” o “velocidades” que el suelo no está en condiciones de soportar y conducimos al mismo a su degradación [9] (M. piscitelli 2015).

Estos procesos que llevan al suelo a disminuir su capacidad productiva inicial se conocen como “Procesos de degradación” y son: 1- Erosión, 2-Degradación física, 3-Degradación biológica, 4- Degradación química y 5-Desertificación.

1- Erosión: Cuando ocurre este proceso se produce pérdida de suelo, y ésta puede ser mínimamente imperceptible o bien de gran envergadura cada vez que ocurre el proceso. El agente del clima que “mueve” al suelo desde su lugar original puede ser el agua y en este caso nos referimos al proceso de “erosión hídrica” o bien el viento y entonces nos referimos a “erosión eólica.” [9] (M. piscitelli 2015).

La erosión es uno de los procesos más frecuentes en nuestro país y el de mayor relevancia debido a que el tiempo que se necesita para volver a generar unos pocos centímetros de suelo perdidos suele ser similar al de una generación humana. El suelo perdido es la fracción más superficial y por ende la más rica en nutrientes. Su ocurrencia en suelos poco profundos o pobres naturalmente o bien con altos contenidos de arenas a determinada profundidad, puede ser extremadamente crítica, revirtiendo la aptitud de estos suelos y pudiendo perder su capacidad para la producción de cultivos labrados comunes. Tanto la erosión hídrica como eólica se encuentran ampliamente generalizados en las tierras agrícolas de nuestra República Argentina. [9] (M. piscitelli 2015).

2- Degradación Física: Vinculados a éste existen una serie de micro procesos que alteran el espacio libre “poroso” que tiene el suelo para que se pueda “mover” el aire y el agua. Se producen cambios adversos en el suelo que afectan las condiciones físicas relacionadas con el desplazamiento del aire, del agua y nutrientes, y el desarrollo de las raíces. Estos procesos pueden ocurrir a nivel de superficie del suelo o subsuperficialmente, y los efectos más comúnmente observados son capas compactadas (piso de pezuña o de arado), sellamiento de la superficie del suelo (planchado), costras. Junto al proceso de erosión hídrica es de los más frecuentes, encontrándose ampliamente generalizado en las tierras agrícolas de nuestro país. Y lamentablemente muchas veces es pensado como un proceso natural que ocurre en el suelo y no como un proceso debido al uso y manejo inadecuado del mismo. [9] (M. piscitelli 2015).

3- Degradación Biológica: La pérdida de la biodiversidad (organismos vivos) y de la materia orgánica (organismos de origen animal y vegetal, parcial y/o totalmente descompuestos o transformados) constituyen los efectos más notorios debidos a la ocurrencia de los procesos de degradación biológica. Esto repercute sobre diferentes funciones del suelo como, entre las más importantes para suelos agrícolas están la transformación, reciclado y posterior asimilación de los nutrientes por las plantas. También el acomodamiento y la persistencia de los minerales del suelo en unidades específicas (estructura) que contribuyen a sostener el espacio poroso que va a asegurar el traslado del agua de lluvia y/o de riego por el suelo y la eliminación de los excesos. Además del desplazamiento del aire dentro y fuera del suelo. Está ampliamente demostrado que el uso intensivo del suelo y la aplicación de tecnología inadecuada se constituye en las principales causas de la ocurrencia de estos procesos de degradación biológica en suelos agrícolas. [9] (M. piscitelli 2015).

4- Degradación Química: Varios de los procesos de degradación química están vinculados a la degradación biológica y suelen ocurrir en condiciones extremas de

la ocurrencia de este último. Ejemplos de lo manifestado son el agotamiento de nutrientes y la acidificación del suelo que resultan como consecuencia de, entre otras causas, el agotamiento de la materia orgánica. La contaminación del suelo es otro proceso de degradación química que generalmente está asociado a la contaminación de aguas (superficiales y subterráneas), al inadecuado uso y manejo de insumos y desechos de la agricultura (como metales tóxicos, lodos residuales, desechos de fundición, escombros de minería). El aumento del contenido de sales en el suelo es otro proceso que ocurre en áreas habilitadas al riego (permanente), en donde el contenido salino del agua de riego y las limitaciones en el sistema de drenaje generan un aumento de la salinidad del suelo. La problemática del aumento del contenido de sales en el suelo, no sólo está limitada a regiones de riego, es habitual en áreas ganaderas de nuestra pradera pampeana que presentan drenaje natural limitado (roca, tosca) y nivel freático cercano a la superficie, y que reciben un manejo inadecuado del suelo. [9] (M. piscitelli 2015).

5- Desertificación: Es un proceso combinado, multicausal que se desarrolla tanto en zonas áridas, semiáridas o subhúmedas de nuestro país. Afecta al ecosistema en su totalidad. Y ocurre como consecuencia de la explotación por las actividades humanas en donde la fragilidad de los sistemas naturales no es tomada en cuenta, y se sobrepasa la capacidad productiva del sistema. El resultado final es la declinación de los rendimientos de los cultivos, como consecuencia del establecimiento de condiciones más extremas que las naturales. La eliminación de la cobertura vegetal herbácea y el desmonte descontrolado y las sequías originadas por alteraciones climáticas naturales y antrópicas constituyen los principales desencadenantes de este proceso. El manejo irracional del suelo y el agua son factores determinantes de su dirección, velocidad y ocurrencia. [9] (M. piscitelli 2015)

Según la zonificación realizada en el proyecto "línea base de degradación de suelos por erosión", el cuarenta por ciento (40%), equivalente a 45.379.058 ha de la

superficie continental e insular de Colombia, presenta algún grado de degradación de suelos por erosión. De esta parte del territorio afectado, el 20% (22.821.889 ha) presenta erosión ligera, el 17% (19.222.575 ha) erosión moderada, el 3% (3.063.204ha) erosión severa y el 0,2% (271.390 ha) erosión muy severa. Por otra parte, la clase de erosión más recurrente en el país es la laminar, y es importante destacar que las manifestaciones en el terreno de los procesos de erosión normalmente no se presentan solas, sino como una combinación. Por ejemplo, en zonas de ladera, la erosión laminar casi siempre está acompañada de surcos y en zonas de ganadería es común encontrar el terraceo o pata de vaca junto con procesos de surcos o laminar. En ese sentido, las clases laminar y surcos, terraceo y laminar, terraceo y surcos son las que, en proporción de área, tienen mayor representatividad en el territorio nacional, después de la clase laminar. [10] (documentación ideam, 2015)

El estado de la erosión se analizó de manera individual para cada departamento, teniendo en cuenta que la toma de decisiones sobre esta problemática ambiental también es responsabilidad de las gobernaciones y alcaldías municipales. Tal y como se presentó para Colombia, se analizó la información de los departamentos con los indicadores de magnitud y severidad de la erosión de los suelos, como porcentaje afectado de su área total. De acuerdo con los resultados, los departamentos con magnitud de erosión superior al setenta por ciento (70%) respecto a su área son: Cesar, Caldas, Córdoba, Cundinamarca, Santander, La Guajira, Atlántico, Magdalena, Sucre, Tolima, Quindío, Huila y Boyacá. Los departamentos más afectados por la severidad de la erosión, respecto a su área, son: La Guajira, Magdalena, Cesar, Huila, Sucre, Santander, Tolima, Boyacá, Atlántico, Norte de Santander, Valle del Cauca y Cundinamarca. [10] (documentación ideam, 2015)

Al comparar las tierras de clima seco con las de clima húmedo en relación con la magnitud de la erosión, se evidencia que hay más áreas erosionadas en clima seco.

En los climas secos, donde la precipitación es deficiente y la vegetación es escasa, hay menor cobertura y protección del suelo. Por lo tanto, este queda expuesto a condiciones extremas como son: la intensidad de las lluvias, la escorrentía que desprende, desagrega y arrastra las partículas de suelo, los rayos solares que agreden la materia orgánica, incluida la fauna edáfica, y los vientos secantes, que facilitan la evapotranspiración y pérdida de la humedad retenida en el suelo. De este modo se genera un ciclo repetitivo en el tiempo, de sequía atmosférica y edáfica, que disminuye la resiliencia de los ecosistemas secos a la erosión de los suelos. En climas húmedos, inmediatamente después de la alteración de las coberturas vegetales naturales, bien sea por tala, deforestación, incendios forestales y/o cambios inadecuados de uso del suelo, los procesos de erosión son intensos, pero los niveles de resiliencia de los suelos son altos, entre otras razones, por la mayor oferta de humedad, lo que permite la rápida cicatrización de los procesos erosivos debidos al crecimiento acelerado de dichas coberturas vegetales. Sin embargo, también se presentan pérdidas de suelo, de su calidad y de sus servicios ecosistémicos. [10] (Documentación ideam, 2015)

El azufre (S) es el 13o elemento más abundante en la corteza terrestre. Es uno de los 9 macronutrientes y por lo tanto esencial para el crecimiento y desarrollo de los organismos vivos, por su participación en la síntesis de proteínas. Este nutriente se encuentra en el suelo bajo diferentes formas químicas: azufre formando parte de compuestos orgánicos asociados con la llamada materia orgánica del suelo, azufre inorgánico formando principalmente sulfatos (que es la forma que es disponible para los vegetales). Del azufre total del suelo aproximadamente el 97% se encuentra bajo formas orgánicas y el 3% restante como formas inorgánicas. Estos conceptos indican claramente la importancia de la necesidad de que los suelos estén adecuadamente dotados de materia orgánica, para que los procesos de descomposición de la misma entreguen a los vegetales las cantidades necesarias de este nutriente. [11] (Norberto A. 1999)

Es común asociar al nitrógeno con la materia orgánica y los procesos de descomposición que transforman al nitrógeno orgánico en mineral asimilable por las plantas; este mismo proceso es válido para el azufre. El contenido de azufre de los suelos es muy variable, los valores más bajos se encuentran en suelos arenosos (20 mg de S/kg de suelo) mientras que los valores más altos se encuentran en zonas de mareas donde el azufre tiende a acumularse (35000 mg de S/kg de suelo). Pero el rango normal en suelos agrícolas en regiones húmedas y semi húmedas es de 100 a 500 mg de S/ kg de suelo, lo que equivale a 225 a 1120 kg/ha de este nutriente. En los últimos años se han incrementado, en todas partes de mundo, los informes señalando deficiencias de azufre, especialmente en zonas tropicales y subtropicales. [11] (Norberto A. 1999)

Esto se debe a las siguientes causas:

- 1) El incremento en el uso de fertilizantes más puros, cuyos contenidos de azufre son sólo trazas, por ejemplo, el uso de la urea fosfato de amonio, fosfato di amónico, polifosfatos de amonio, el superfosfato triple, etc., en lugar del sulfato de amonio que se utilizaba para cubrir necesidades de nitrógeno, pero que agregaba azufre junto al nitrógeno.
- 2) Incrementos en los rendimientos, con la introducción de híbridos de alto rinde, con respuesta a nitrógeno, resultando en una rápida disminución del azufre del suelo.
- 3) Reducción de emisiones de óxidos de azufre debido al control en la contaminación ambiental. La combustión de combustibles fósiles emite a la atmósfera importantes cantidades de estos óxidos de azufre que vuelven al suelo por medio de las lluvias (lluvia ácida).

4) Disminución en el uso de abonos orgánicos, tanto en países desarrollados como en los en vías de desarrollo.

5) Inmovilización del azufre en la materia orgánica acumulada por la utilización de labranzas conservacionistas. Estos sistemas de labranza tienden a conservar la materia orgánica del suelo y por lo tanto la liberación de azufre inorgánico asimilable para las plantas disminuye, aunque aumenta el azufre total del suelo. [11] (Norberto A. 1999)

El azufre ha sido aplicado en el pasado a través de sulfato de amonio, con el superfosfato simple y como sulfato de potasio. La aparición de fertilizantes más concentrados redundó en una disminución muy sensible en el agregado de azufre al suelo. Hoy se utiliza para la incorporación el azufre elemental, yeso, pirita. Los fertilizantes más comunes en la actualidad son: además de los mencionados la urea sulfato, sulfato de amonio, sulfofosfato de amonio, etc. y otros como el sulfato de cobre, sulfato de zinc que se utilizan para complementar con micronutrientes. [11] (Norberto A. 1999).

Según Jensen (14), los posibles mecanismos de adsorción de sulfatos por el suelo pueden ser tentativamente los siguientes: a) Intercambio aniónico debido a las cargas positivas desarrolladas por el hierro hidratado y los óxidos de aluminio en los bordes de los cristales de arcillas, especialmente caolinita, a PH bajo. b) Retención de sulfato por complejos hidroxialuminicos por coordinación. c) Absorción de sales que resultan de la atracción entre la superficie del coloide del suelo y la sal. d) Propiedades atmosféricas de la materia orgánica del suelo que desarrolla cargas positivas bajo ciertas condiciones específicas. [11] (Norberto A. 1999)

4.3. MARCO CONCEPTUAL

PH: Se trata de una unidad de medida de alcalinidad o acidez de una solución, más específicamente el pH mide la cantidad de iones de hidrógeno que contiene una solución determinada, el significado de sus siglas es, potencial de hidrogeniones, el

pH se ha convertido en una forma práctica de manejar cifras de alcalinidad, en lugar de otros métodos un poco más complicados.

DEGRADACIÓN DEL SUELO: La degradación del suelo se define como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. Los suelos degradados contienen un estado de salud que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales del suelo en cuestión en su ecosistema.

Materia orgánica: La materia orgánica es aquella que se encuentra conformada por moléculas orgánicas resultantes de los seres vivos y la podemos hallar en las raíces, en los animales, en los organismos muertos y en los restos de alimentos.

Alcalinidad: La alcalinidad es el contenido de sales minerales disueltas.

Azufre. Es un elemento químico de número atómico 16 y símbolo S (del latín sulphur). Es un no metal abundante con un olor característico. El azufre se encuentra en forma nativa en regiones volcánicas y en sus formas reducidas formando sulfuros y sulfosales o bien en sus formas oxidadas como sulfatos. Es un elemento químico esencial para todos los organismos y necesario para muchos aminoácidos y, por consiguiente, también para las proteínas.

Litología: es la parte de la geología que estudia a las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte, así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante. Entendemos por roca una masa de materia mineral coherente, consolidada y compacta. Se puede clasificar por su edad, su dureza o su génesis

Biota: Conjunto de los seres vivos o de un país o de una localidad cualquiera, integrado por las plantas y los animales. Conjunto de la fauna y la flora de una región.

Relieve: es el conjunto de montañas y accidentes geográficos de los que está formado el planeta Tierra, el accidente geográfico es todo aquel cambio que se ha dado en la superficie de la Tierra, ya sea un río, una montaña o cualquier paisaje creado naturalmente.

Edafología: es una rama científica que se desprende de Geología. Concretamente se encarga de evaluar, estudiar y comparar los suelos y determinar si su composición afecta a la naturaleza y a los organismos que se desarrollan sobre y dentro de este. Siendo el suelo, la enorme plataforma en la que los seres humanos y los animales terrestres hacen su vida, se debe realizar un estudio conciso de las condiciones en las que se encuentra antes de realizar una edificación o estructura útil para la vida cotidiana.

Mineralogía: La mineralogía es la rama de la geología que estudia las propiedades físicas y químicas de los minerales que se encuentran en el planeta en sus diferentes estados de agregación.

Meteorización: La meteorización es la desintegración y descomposición de una roca en la superficie terrestre o próxima a ella como consecuencia de su exposición a los agentes atmosféricos, con la participación de agentes biológicos. La meteorización involucra un conjunto de reacciones químicas en las que los productos sirven de reactivos para síntesis subsiguientes. Si el proceso de la meteorización ocurre en la superficie del suelo se llama meteorización edafoquímica y si ocurre en capas más profundas como el horizonte C o más se llama meteorización geoquímica.

Fermentación: Es un proceso catabólico de oxidación incompleta, totalmente anaeróbico, siendo el producto final un compuesto orgánico. Estos productos finales son los que caracterizan los diversos tipos de fermentaciones

Putrefacción.

Proceso de descomposición de los cuerpos orgánicos proteicos faltos de vida, en condiciones anaeróbicas, con producción de gases fétidos.

4.4. MARCO LEGAL

Los suelos son importantes basándonos desde el punto de vista socioeconómico y ambiental, por tanto, estos cuentan con una normatividad que parte desde la constitución política colombiana hasta las resoluciones con el fin de dar a conocer los derechos a tener en cuenta para su conservación y protección.

Tabla 1 Marco Legal

Componente	Normativa	Articulo	Descripción
	Constitución política colombiana	49, 67, 79, 80, 81, 82, 88, 95, 277, 313, 317, 330, 331, 334	Artículos relacionados con la protección, conservación y control del mejoramiento de los recursos naturales
	Código penal	242, 243, 244, 245, 246,	Se refieren a los delitos contra los recursos naturales

Suelo	Ley 2 del 1959	Toda	Mediante con el cual se establecen con carácter de “zona forestal protectora” y bosque de interés general”, según la clasificación del decreto legislativo número 2278 de 1953
	Ley 23 de 1973	1,2,3	Entre los aspectos relacionados con los recursos naturales considerados en esta ley, se tiene: “prevención y control de contaminación del medio ambiente, mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables. Determina como bienes contaminables: “aire, agua y suelo”
	Ley 9 del 1979	1	Para la protección del Medio Ambiente la presente Ley establece: Las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones

			sanitarias en lo que se relaciona a la salud y el Ambiente.
	Decreto 2811 de 1974	parte VII de la tierra y de los suelos, título 1 de los suelos agrícolas, capítulo 1 principios generales (artículos 178, 179,180)	Los suelos del territorio nacional deberán usarse de acuerdo con 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.
	Resolución 0170 de 2009		Por el cual se declara en Colombia el año 2009 como el año y el 17 de junio como día nacional de los suelos y se adoptan medidas para la conservación y protección de los suelos en el territorio nacional
Distribución del suelo	Ley 2ª de 1959	1,2,3,4,7,9,13	Zonas de reserva forestal, "Por el cual se dictan normas sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables"

	Decreto 2372 de 2010	Todo	Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones
Participación ciudadana	Ley 99 de 1993	Toda	Desarrolla la noción de participación al incluir como uno los principios generales ambientales que “la acción para la protección y recuperación ambiental del país es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado y la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado”

Fuente: (GIAS, 2013; CPC, 1991)

Fuente: autores, 2018.

4.5. MARCO CONTEXTUAL



Imagen 1 corregimiento de las trupías

Fuente: Google Earth, 2018



Imagen 2 área superficial del corregimiento de las trupías

Fuente: Google Earth, 2018

4.5.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL CORREGIMIENTO DE LAS TRUPIÁS, CESAR

FINCA LAS ÁNIMAS. Se encuentra ubicada en la región de las trupías, al norte del departamento del cesar, a 3,0 km de la cabecera municipal de san diego

Con coordenadas 10°20'00.38" Norte, 73°14'00.03" Oeste, una elevación de 180 msnm, altura al ojo de 1.07 km, además cuenta con un área de 22 hectáreas.

4.5.2. LÍMITES

Al norte, partiendo de la desembocadura de la acequia san diego en el rio cesar, siguiendo por esa acequia aguas arriba, hasta su intersección con la proyección del emisario norte.

Al sur, partiendo de la intersección de la carretera nacional con la vía que conduce a los calabazos, siguiendo hacia el occidente por esta vía hasta el rio cesar.

Al oriente, partiendo de la intersección de la acequia san diego con la proyección del emisario norte, siguiendo hacia el sur por esta proyección hasta la acequia la paulina, continuando por estas aguas abajo hasta su desembocadura el arroyo peruétano, siguiendo por estas aguas arriba hasta la carretera nacional, continuando hacia el sur por esta carretera hasta la vía que conduce a los calabazos.

Al occidente, partiendo de la desembocadura de la acequia san diego en el rio cesar, siguiendo aguas abajo por el rio cesar hasta el cruce con la vía de los calabazos.

4.5.3. CLIMA

El departamento del Cesar posee un clima netamente tropical; sin embargo, dada la elevación de amplios sectores de terreno desde casi el nivel del mar hasta más de 5000 metros de altitud, presenta una gran variedad climática, con todos los pisos térmicos en sus versiones secas y húmedas.

Dado que la altitud de la región de las trupías no es muy elevada, este presenta un clima bastante tropical.

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H_0 ; $T1 = T2$): Las dosis de abono orgánico y azufre elemental tienen igual significancia en los procesos de recuperación de los suelos degradados en la finca las ánimas, región las trupías, cesar.

Hipótesis alternativa (H_i ; $T1 \neq T2$): Las dosis de abono orgánico y azufre elemental tienen diferente significancia en los procesos de recuperación de los suelos degradados en la finca las ánimas, región las trupías, cesar

6. METODOLOGÍA

6.1. TIPOS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación utilizada fue de tipo exploratorio y descriptivo, debido a que tiene como objetivo examinar un problema que ha sido poco estudiado y no abordado anteriormente, también tuvo como propósito medir el grado de relación existente entre las diferentes variables expuestas para la recuperación.

6.1.1. DESCRIPTIVA

Con este estudio se busca, medir, evaluar o recolectar datos sobre diversos conceptos (Variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. En un estudio descriptivo se seleccionan una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas para así describir lo que se investiga (Hernández, et al., 2006).

Además de describir el fenómeno, tratan de buscar la explicación del comportamiento de las variables. Se basa en lo cuantitativo y su fin último es el descubrimiento de las causas, se pueden considerar entre las disciplinas planteadas (Hernández, et al., 2003).

6.1.2. EXPLORATORIA

Se trata de investigaciones que no han realizado sobre nuestro objeto de estudio, y por lo tanto, se requiere explorar e indagar, con el fin de alcanzar el objetivo planteado, se utilizará el tipo de investigación exploratoria. Según esto, se puede definir este tipo de exploración de la siguiente manera: explorar significa incursionar en un territorio desconocido. (Nieves Cruz Felipe, 2006).

6.1.3. LINEA DE INVESTIGACIÓN

Sostenibilidad y gestión ambiental.

6.1.4. SUB LINEA DE INVESTIGACIÓN

Recurso suelo.

6.1.5. POBLACIÓN

El departamento del cesar tiene una extensión de 22.905 km², de los cuales 670 km² pertenecen al municipio de san diego, la finca las animas tiene una extensión total de 0,22 km², cuyo porcentaje degradados de los suelos por mal manejo, es alrededor del 60%. La población se basa en km² degradados.

6.2. MUESTRA

Se tomaron dos (2) muestras de suelo de 1 kg. en la finca las ánimas, para sus respectivos análisis, se extrajo una muestra antes de la aplicación, es decir, el suelo en su estado natural y la otra muestra se tomó después de haberle realizado la incorporación del tratamiento a las respectivas parcelas demostrativas.

6.3. DESARROLLO METODOLÓGICO.

Para llevar a cabo la investigación de rehabilitación de los suelos afectados por mal manejo por el hombre, fue necesario realizar ciertas etapas como:

ETAPA 1. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información primaria se tomó de investigaciones relacionadas con el tema tratado en esta investigación, procedentes de revisión documental: libros, proyectos, artículos, internet, entre otros. La información secundaria fue la realizada en campo, mediante la práctica y recopilación de experiencias que se llevaron a cabo en el área de estudio para ejecución del proyecto.

ETAPA 2. ANALIZAR FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICAMENTE LAS CARACTERÍSTICA DEL SUELO LA FINCA LAS ÁNIMAS

2.1. TOMA DE MUESTRAS. Se tomó una muestra de suelo original de 1000grs, para realizar los siguientes análisis:

2.2. Análisis físicos: Textura, Densidad real y aparente.

2.3. Análisis químicos: PH o reacción del suelo, C.I.C, P, Ca, K, N, S.

2.4. Análisis microbiológicos: bacterias, hongos, nematodos.

ETAPA 3. COMPARAR LOS RENDIMIENTOS DEL INDICADOR QUE ES UN CULTIVO ESTABLECIDO DE HABICHUELA (PHASEOLUS VULGARIS)

3.1. Se establecieron tres (3) parcelas de dimensión 2,0 metros de largo por 1.0 metro de ancho, dos (2) con diferentes dosis de abono orgánico, y todas con una sola dosis de azufre elemental incluyendo el testigo.

3.2. La parcela número 1. Dosis del compost 3.0 kg, con dosis de azufre elemental de 30 gramos, establecimiento de un cultivo de habichuela (Phaseolus vulgaris)

3.3. La parcela número 2, dosis del compost 2,0 kg, dosis de azufre elemental de 30 gramos, establecimiento de un cultivo de habichuela (Phaseolus vulgaris)

3.4. La parcela número 3. Es el testigo no lleva tratamiento de compost, pero si se establece el cultivo de habichuela (Phaseolus vulgaris) y el tratamiento del azufre 30 gramos.

3.4.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA HABICHUELA (*Phaseolus vulgaris*).

Clase: Angiosperma

Subclase: Dicotyledonea

Familia: Fabaceae

Sub-familia: Papilionoideas

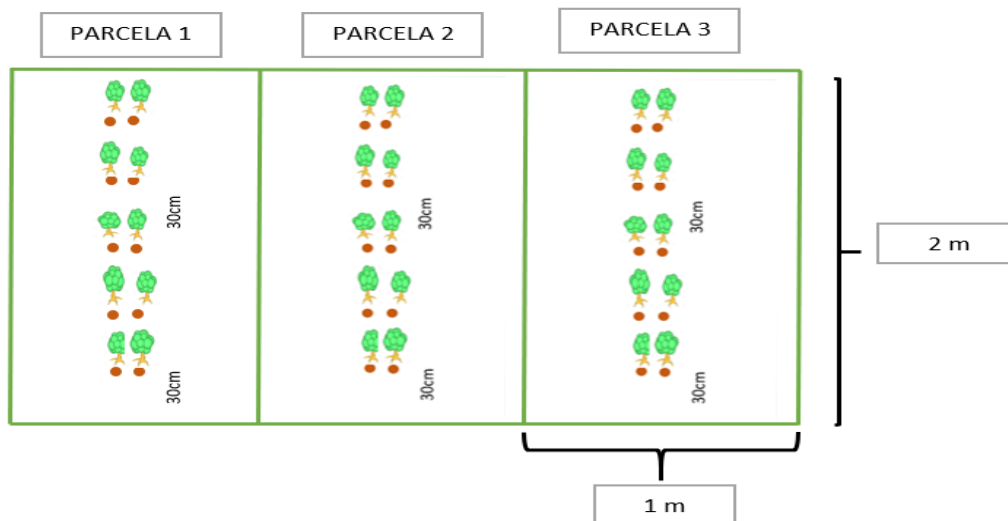
Tribu: Faseoleas

Género: *Phaseolus*

Especie: *Vulgaris*

3.4.2. SIEMBRA. En esta labor se empleó dos (2) semillas por sitio, con una profundidad de 3 - 5 cm, 30 cm entre plantas y 50 cm entre surcos, por lo que se sembró en total 10 plantas por parcela.

imagen 3 Esquema de siembra.



Fuente: autores, 2021

3.4.3. ASPECTOS QUE SE TUVIERON EN CUENTA, PARA COMPARAR EL INDICADOR

Peso de las plantas, número de hojas, longitud de las vainas por planta, promedio del número de vainas por planta, peso de las vainas por plantas, longitud de los frutos, peso del fruto.

3.4.4. TOMA DE MUESTRAS. Se tomó una muestra de 1000 gr del suelo de la parcela a la cual se le aplicó el tratamiento 2 (T2) después del cosechado del cultivo, para realizar los siguientes análisis:

3.4.4.1. Análisis físicos: Textura, Densidad real y aparente.

3.4.4.2 Análisis químicos: PH o reacción del suelo, C.I.C, P, Ca, K, N, S

Etapas 4. APLICAR LAS TÉCNICAS DE ABONO ORGÁNICO Y AZUFRE ELEMENTAL A DICHOS SUELOS

4.1. TÉCNICAS DE ELABORACIÓN DEL ABONO ORGÁNICO

4.1.1 Materiales

Material húmedo: Desperdicios frutas, hortalizas y comida.

Material seco: ramas, hojas, césped, maleza, estiércol de ganado.

Agua de zanahoria o remolacha.

4.1.2. Equipo a utilizar

Pala.

Plástico negro.

4.1.3. Proceso técnico compost residuos orgánicos

4.1.3.1. Se hizo una excavación de 1 m³ de profundidad en el suelo.

4.1.3.2. La misma proporción de ambos materiales. Se colocaron capas alternas de materiales secos y húmedos cortados en trozos pequeños, hasta alcanzar la altura requerida de la pila

4.1.3.3. Se realizó el volteo regularmente para airear el compost.

4.1.3.4. Se regó con agua de zanahoria y remolacha, para proporcionar una humedad adecuada.

4.1.3.5. Se cubrió con el plástico para protegerlo del sol y del viento.

4.1.3.6. Se midió el PH cada mes

imagen 4 preparación del abono



4.2. TÉCNICAS DE APLICACIÓN DEL AZUFRE ELEMENTAL

4.2.1. Dosis de aplicación 30 gramos/ parcela.

4.2.2. Se sembró el cultivo de habichuela, después de 20 días de la siembra.

4.2.3. Se incorporó la dosis de azufre elemental revolviéndolo con el suelo de la parcela demostrativa.

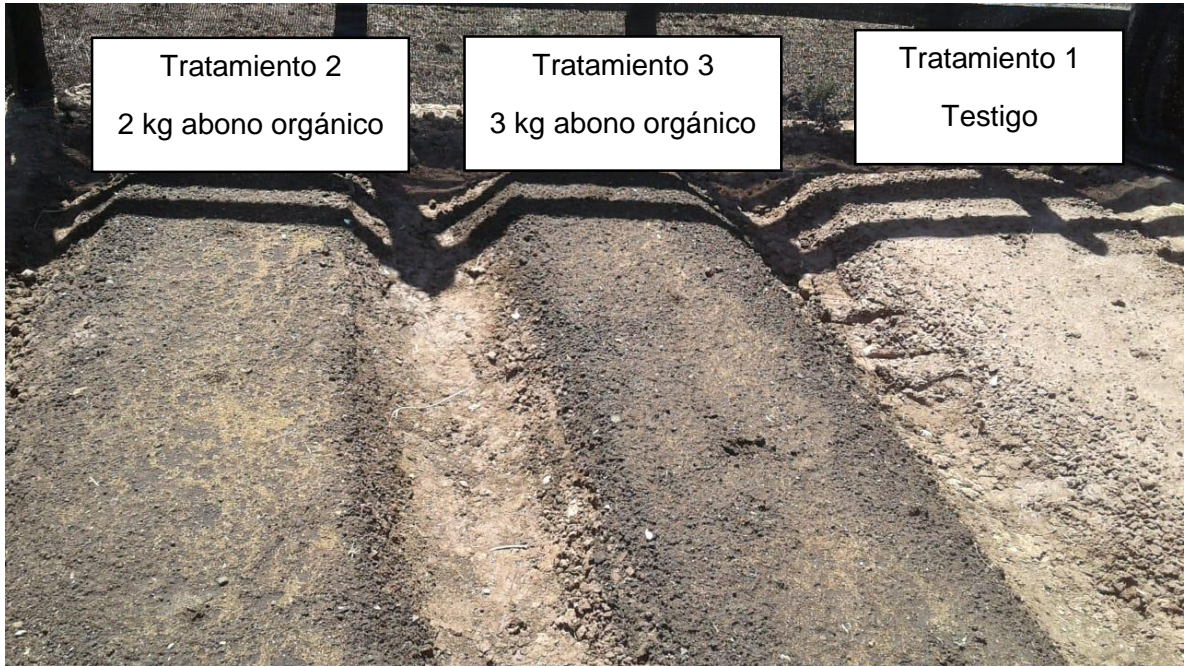
6.4. ENVIO DE MUESTRAS AL LABORATORIO

Las muestras recolectadas se guardaron en bolsas de seguridad rotuladas cada una, y fueron enviadas al laboratorio, los cuales aplicaron metodologías estandarizadas para su evaluación, esta información sirvió para conocer el estado del suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos. Los resultados se muestran en el [anexo 4](#) y [anexo 5](#).

6.5. PREPARACIÓN DEL SUELO

El área experimental fue arada, luego se procedió a separar las parcelas las cuales fueron 9 y se hizo la instalación de las parcelas. La preparación del suelo se realizó manualmente, con picos, palas, palines, rastrillos, con el propósito de eliminar los terrones endurecidos del suelo; posteriormente, se procedió al señalamiento de los tratamientos en cada parcela.

Imagen 5 Parcelas con sus respectivas dosis del tratamiento.



Fuente: autores, 2020

6.6.1. RIEGOS

Luego de la siembra, se dio un riego manual a través de tanques y se continuó con la aplicación de riegos diarios, debido a la baja retención de humedad del suelo y a que la temporada fue seca.

6.6.2. CONTROLES DE MALEZA

El control de maleza se efectuó manualmente, esto por varias ocasiones. Se eliminaron plantas extrañas a las sembradas, nacidas en las parcelas

6.6.3. CONTROL DE PLAGAS

Se hizo un control hacia tres diferentes plagas, una fue la llegada de los phasmidas o más conocidos como “mariapalitos”, este control se hizo manualmente, puesto que afectaban las hojas de las plantas. Las otras dos fueron la mosca blanca y el minador, estas se pudieron combatir a través de un plaguicida natural, a base ají picante, ajo y agua.



Imagen 6 planta afectada por minador y mosca blanca

7. DISEÑO EXPERIMENTAL

7.1. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Tabla 2 tratamientos

Tratamiento	Codificación del tratamiento	Descripción
T1	Testigo	Suelo sin abono
T2	Parcela 3	Suelo con 2kg de abono y 30 gr de azufre
T3	Parcela 2	Suelo con 3 kg de abono y 30 gr de azufre
T1	Testigo	Suelo sin abono
T2	Parcela 6	Suelo con 2 kg de abono y 30 gr de azufre
T3	Parcela 5	Suelo con 3 kg de abono y 30 gr de azufre
T1	Testigo	Suelo sin abono

T2	Parcela 9	Suelo con 2 kg de abono y 30 gr de azufre
T3	Parcela 8	Suelo con 3 kg de abono y 30 gr de azufre

Fuente: autores, 2021.

7.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar. Donde las variables tales como: número de hojas y peso de la planta, fueron sometidos a un análisis de varianza. Se utilizó la prueba de tukey al 5% de probabilidad. Para evaluar la efectividad de cada tratamiento.

Imagen 7 distribución de las parcelas experimentales para el diseño de bloques completamente al azar.



Fuente: autores, 2021.

7.2.1. NÚMERO DE REPETICIONES

Tres (3) repeticiones.

7.2.2. NÚMERO DE TRATAMIENTOS

Se realizaron tres (3) tratamientos con cada una de las dosis de abono y azufre seleccionadas

7.2.3. ESQUEMA DEL ANALISIS DE VARIANZA ADEVA

Tabla 3 ADEVA

Fuente de variación	GL
Total	8
Tratamientos	2
Bloques	2
Error experimental	4

Fuente: autores, 2021.

7.3. DATOS EVALUADOS

Para determinar la eficiencia de los tratamientos usados y la calidad de la especie en estudio, se tomaron las siguientes variables:

- peso de la planta
Esta información fue obtenida cuando más del 50% de las plantas tuvieron su primera cosecha. Se tomaron 3 plantas aleatorias en cada parcela, siendo arrancadas desde la raíz y luego pesadas sin frutos.
- número de hojas
Los datos tomados con respecto al número de hojas se dieron al mismo tiempo en que se realizó el peso de las plantas, esto se hizo contando una a una las hojas que tenía cada planta seleccionada de las parcelas

8. ANALISIS DE RESULTADOS

8.1. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO DE LAS PLANTAS

Los resultados obtenidos en el campo para el peso de las plantas se encuentran en el [anexo 1](#)

El análisis de varianza para el peso de las plantas descrito en la tabla 4, demuestra que hay una diferencia significativa al 5% entre los tratamientos, pero no la hay entre los bloques, teniendo una mayor eficiencia el tratamiento T3. Con un promedio de pesos de las plantas de 811 gr.

Las parcelas testigos presentaron plantas con un muy bajo peso, lo que quiere decir, que no hubo un buen desarrollo estas. Debido a la baja concentración de nutrientes que posee este suelo.

Tabla 4 ANOVA peso de las plantas

Fuente	GL	SC.	MC.	Valor F
Tratamientos	2	1149628	574814	473.38
Bloques	2	1908	954	0.79
Error	4	4857	1214	
Total	8	1156393		

Fuente: minitab, 2021.

La prueba de tukey al 5% para los tratamientos con la variable peso de plantas se muestra en la tabla 5.

Esta se utilizó para comprobar la diferencia que hay entre los tratamientos, demostrando así la diferencia estadística entre los tratamientos t2 y t3 contra el tratamiento t1. Ratificando así que los tratamientos son eficientes.

Tabla 5 prueba de tukey al 5%

Tratamientos	N	Media	Agrupación	
t3	3	811.67	A	
t2	3	727.7	A	
t1	3	15.00		B

Fuente: minitab, 2021.

8.2. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO DE HOJAS

Los resultados obtenidos en el campo para el número de hojas se muestran en el [anexo 2](#)

El análisis de varianza para el número de hojas por plantas se presenta en la tabla 6 en el cual se demuestra la diferencia significativa que se va observando con los tratamientos, con un nivel de seguridad del 95%, que, a la vez, esta significancia no se encuentra entre los bloques, demostrando así, que los tratamientos tuvieron el mismo resultado en todas sus repeticiones con respecto al desarrollo de las plantas.

Tabla 6 ANOVA para el numero de hojas

Fuente	GL	SC.	MC.	Valor F
tratamientos	2	157483	78741.3	1905.03
bloques	2	54	27.0	0.65
Error	4	165	41.3	
Total	8	157702		

Fuente: minitab, 2021.

En la tabla 7 se muestra la prueba de tukey al 5% para el numero de hojas, utilizándose para comparar la diferencia que hay entre los tratamientos de mostrando que el T3 obtuvo una mayor diferencia significativa con respecto a los

demás tratamientos, comprobando así que se necesita una mayor cantidad de abono orgánico para el buen desarrollo de las plantas.

Tabla 7 prueba de tukey al 5%

tratamientos	N	Media	Agrupación		
t3	3	425.0	A		
t2	3	314.7		B	
t1	3	12.00			C

Fuente: minitab, 2021

8.3. ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL SUELO

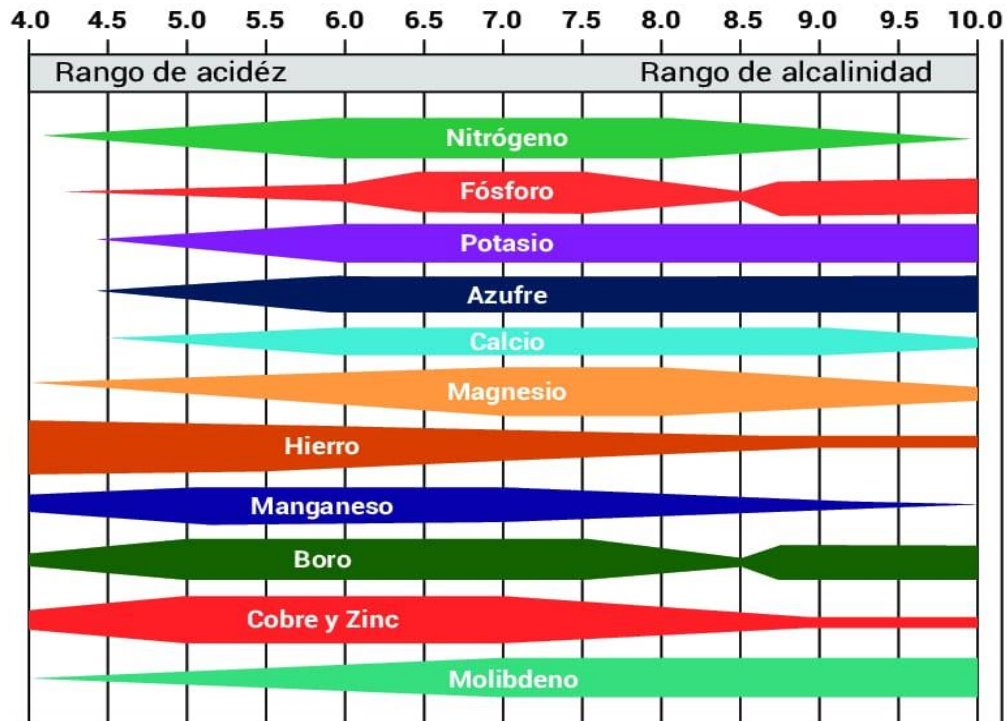
8.4.1. TEXTURA

Con la aplicación de los tratamientos la textura del suelo no se vio afectada en gran medida, ya que antes y después de la aplicación de estos, siguió siendo un suelo franco limoso, el cual, tiene agregados muy firmes, pero se pueden romper bajo presión moderada, presenta terrones duros, cuando este suelo se pulveriza, la sensación al tacto es muy suave, este tipo de suelos presenta una estructura laminar en su superficie lo que dificulta notablemente la circulación del agua. los resultados se muestran en los [anexo 4](#) y [anexo 5](#)

8.4.2. PH

Al aplicar los tratamientos no se vio afectado el pH en el suelo, ya que siguió siendo óptimo, lo que indicaría que tiene una buena disponibilidad de nutrientes, de acuerdo con el diagrama de Troug que se muestra en la imagen 7. Pero en este caso a pesar de tener un suelo con pH óptimo presenta una baja disponibilidad de nutrientes.

Imagen 8 diagrama de troug

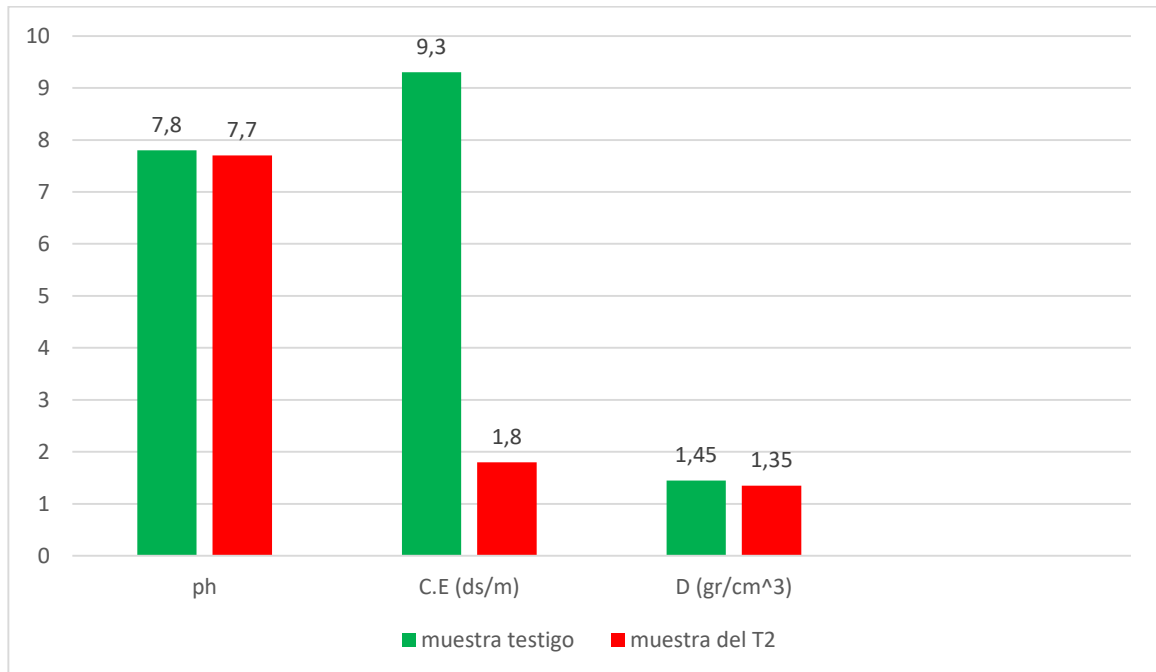


Fuente: castellanos, 2000.

8.4.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

En cuanto a la conductividad eléctrica, al realizar los análisis antes de la aplicación de los tratamientos, esta se encontraba óptima para suelos salinos lo que indica que hay una reducción del potencial osmótico de la solución del suelo, disminuyendo paralelamente la disponibilidad de agua para las plantas, pero al realizar los análisis después de la aplicación de los tratamientos está bajo como se muestra en la gráfica 1. Esta conductividad baja no presenta ningún problema para el desarrollo de las plantas, por el contrario, fue favorable ya que se mantiene la disponibilidad de agua para las plantas. Las unidades para medir la conductividad fueron ds/m (decisiemens por metro).

Gráfica 1 propiedades físicas del suelo con y sin tratamientos.



Fuente: autores, 2021.

8.4. NUTRIENTES PRIMARIOS

8.5.1. NITRÓGENO

En la gráfica 2 se aprecia el contenido de nitrógeno en porcentaje (%) de las dos muestras tomadas para el análisis, vemos como el contenido de nitrógeno aumentó en un 0.03% en la parcela enmendada con abono orgánico, no se vio un gran aumento de este nutriente al aplicar la enmienda debido a que los abonos orgánicos pasan por un proceso de maduración en el cual se pierde una alta cantidad y disponibilidad de nitrógeno. Sin embargo el porcentaje de nitrógeno presente en el suelo es favorable dado que se encuentra en un rango óptimo para la producción de la habichuela ya que la concentración debe estar entre 0,1 y 0,4%.

Referente al porcentaje de nitrógeno, dado en la muestra 2 que es de 0,20% indica que son suelos con una calidad agronómica muy buena, aptos para todo tipo de

cultivo, mientras que la muestra 1 presentó un porcentaje de 0,17 lo que indica que tiene una calidad regular.

8.5.2. FÓSFORO

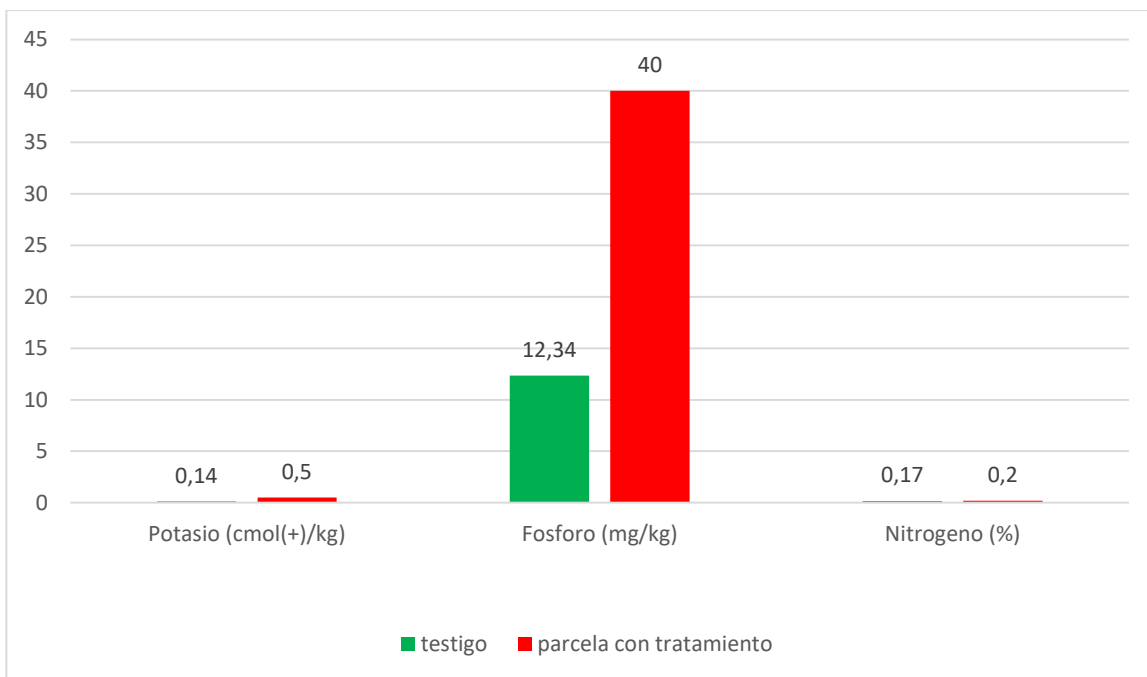
El fosforo es un nutriente importante para el desarrollo de las plantas, sus funciones no pueden ser desarrolladas por ningún otro nutriente, el P se cataloga como un nutriente primario, razón por la cual es comúnmente deficiente en la producción agrícola y en los cultivos se requieren grandes cantidades

Los resultados obtenidos en la cantidad de fósforo en las parcelas con tratamientos se triplico con referencia a la parcela testigo, esto se debe a la aplicación del abono, ya que la utilización de abonos de origen animal y otros desechos descomponibles pueden incrementar el fosforo disponible. Los resultados se pudieron observar en el crecimiento de las plantas, comparando la testigo con las parcelas que tenían tratamiento. Donde las plantas que hacían parte de la parcela testigo no tuvieron un buen desarrollo vegetal en comparación las demás. La unidad de medición fue mg/kg o lo que es igual ppm.

8.5.3. POTASIO

El potasio es un macronutriente esencial para el crecimiento de las plantas, las cuales necesitan grandes cantidades de este nutriente. En cuanto a los resultados obtenidos en la parcela testigo se encuentra en bajas cantidades, pero tuvo un aumento cuando se le aplicó el tratamiento, pasando de un nivel bajo a uno medio-alto, lo cual indica que el abono contenía cantidades favorables para el suelo, al igual que los demás nutrientes mencionados ayudaron al desarrollo de las plantas. Este elemento fue medido en (cmol(+)/kg)

Gráfica 2 cantidades presente de nitrógeno, fosforo y potasio en el suelo con y sin tratamiento



Fuente: autores, 2021.

8.5. NUTRIENTES SECUNDARIOS

8.6.1. CALCIO

El calcio juega un papel importante, ya que es el responsable de crear y mantener la estructura del suelo agrícola, además, participa en otros procesos favoreciendo el crecimiento y desarrollo de la raíz. Ayudando a absorber los nutrientes y el agua presente en el suelo. (Álvaro G.J, 2020)

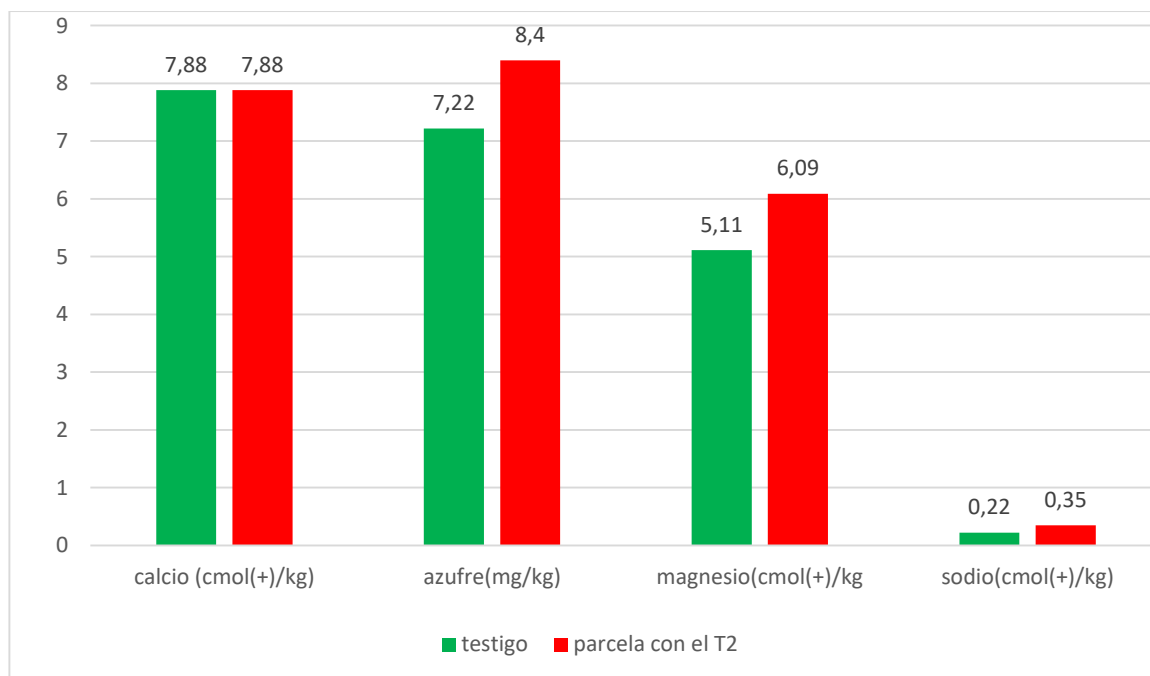
En lo referente a los resultados obtenidos con este nutriente, se mantuvo estable en las parcelas y al compararlo con la tabla de valores de condición de suelo de la universidad de costa rica, se encuentra en un estado alto. La tabla se encuentra en el [Anexo 6.](#) y los resultados de los análisis se encuentran en el [anexo 4](#) y el [anexo 5](#)

8.6.2. AZUFRE

El azufre es un nutriente secundario muy importante, ya que es requerido para el crecimiento normal y saludable de las plantas. Este juega un papel muy importante debido a que si no hay la cantidad suficiente de azufre las plantas no pueden absorber otros nutrientes de manera eficiente para alcanzar su máximo potencial. (López J, 2020).

El azufre tuvo un incremento después de la aplicación de los tratamientos, al realizar el análisis de laboratorio antes de la aplicación de los tratamientos este se encontraba en un nivel bajo, pero después de la aplicación de las enmiendas, sus resultados se pueden observar en el color de las hojas, puesto que presentan un color oscuro en las parcelas, observándose mejor en los T2 y T3 debido a que las parcelas con estos tratamientos tienen mayor concentración de otros nutrientes. Las unidades en que se midió fueron (mg/kg)

Gráfica 3 cantidades presentes de calcio, azufre, magnesio y sodio en el suelo con y sin tratamiento.



Fuente: autores, 2021.

8.6.3. MAGNESIO

Este nutriente, al igual que los demás anteriormente mencionados desempeña un papel importante en determinadas funciones de las plantas, destacando su intervención en el proceso de fotosíntesis, debido a que es un componente básico de la clorofila, también intervine en la activación de numerosas enzimas necesarias para el crecimiento vegetal y contribuye a la síntesis de proteínas. Una deficiencia de este nutriente puede ocasionar en las plantas clorosis intravenal y manchas rojas en hojas viejas. (Álvaro G. 2020)

En cuanto a los resultados obtenidos en el laboratorio se puede observar que este nutriente se encuentra en niveles altos y que no tuvo una variación significativa al aplicar los tratamientos, lo cual, es favorable para el desarrollo de las plantas ya que según la tabla de Jiménez. F (2014) que se muestra en la imagen 8 se encuentra en un nivel un poco superior en los requerimientos para la producción de la habichuela.

Imagen 9 condiciones mínimas químicas en el suelo requeridas para la producción de habichuela

Condiciones químicas del suelo

Determinaciones	Niveles
Conductividad Extracto Saturado	1100- 1500 micromhos
pH	5,5 – 7
Caliza Total	5 %
Materia Orgánica	3 %
Nitrógeno Total	0,13 %
Relación C / N	8 – 10
Fósforo (P)	100 ppm
Nitratos	150 ppm
Suma de Cationes	18 meq/100 gramos
Potasio (K)	2,4 meq/100 gramos
Calcio (Ca)	12 meq/100 gramos
Magnesio (Mg)	2,9 meq/100 gramos
Sodio (Na)	0,7 meq/100 gramos

Fuente: Jiménez F, 2014

8.6.4. SODIO

Se observa que hubo un aumento entre la parcela testigo y las que contenían los tratamientos, pasando de 0,22 cmol (+)/kg a 0,35 cmol (+)/kg, aunque este nutriente no cumple con una función, relativamente en las plantas es necesario para su correcto desarrollo y crecimiento.

8.6. MATERIA ORGÁNICA

El contenido de materia orgánica en las parcelas aumentó un 1% lo que es favorable para la producción del cultivo de habichuelas, ya que el requerimiento mínimo en el suelo para el crecimiento de estas es de un 3%

8.7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

La importancia agrícola relativa de las bacterias fijadoras libres no es mucha, las producciones son débiles, debido a que para realizar esta reacción precisan mucha energía y utilizan la energía proveniente de materia orgánica. Se calcula que se precisan 50 átomos de "carbono orgánico" para fijar un átomo de nitrógeno. Esta fijación demanda un contenido en materia orgánica bastante alto, que sólo existe en los bosques y no en regiones agrícolas.

Hay otra fijación mucho más eficaz que la libre, es la fijación simbiótica. La más común es la simbiosis con plantas leguminosas. Esta fijación se hace mediante bacterias del tipo *Rhizobium* que viven en los nódulos radiculares de las leguminosas.

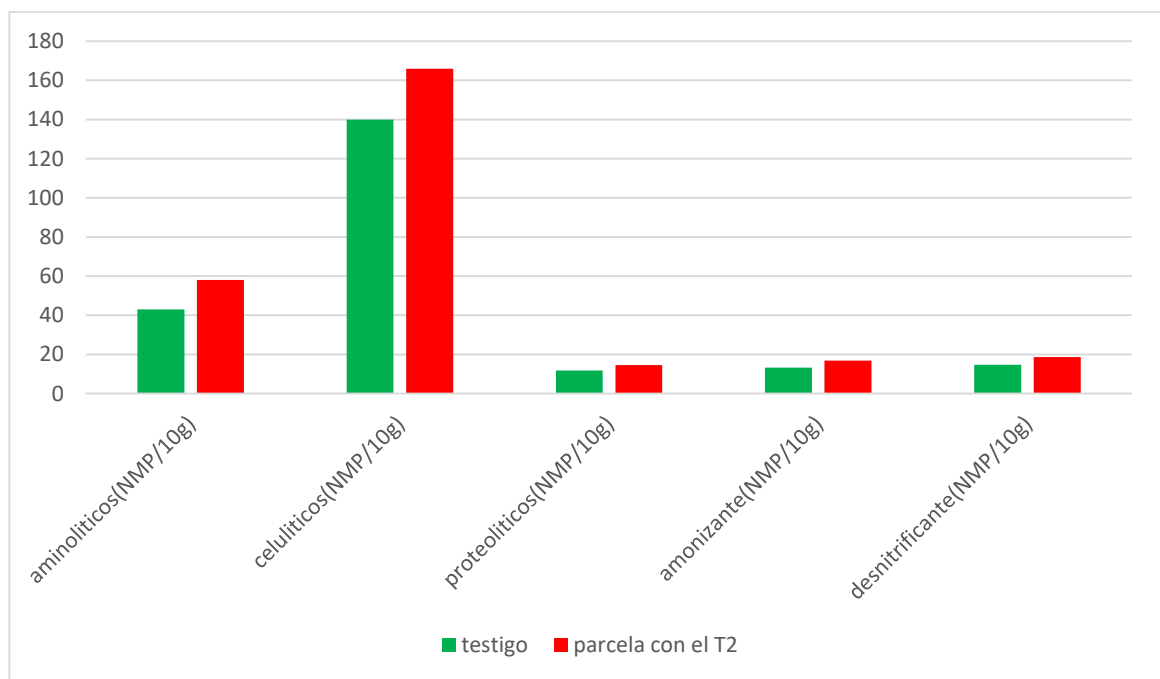
Una vez que los pelos absorbentes de una raíz acceden en contacto con una de estas bacterias, los pelos se ensortijan y las paredes de la célula se disuelven bajo la influencia de las enzimas formando un nódulo. Una vez dentro del nódulo la bacteria obtiene los nutrientes necesarios (compuestos del carbono) y el oxígeno de la planta; a su vez la planta recibe compuestos nitrogenados producidos por la bacteria a partir del nitrógeno gaseoso de la atmósfera del suelo. Este proceso es llamado fijación simbiótica del nitrógeno.

Cuando las raíces de la planta se descomponen los compuestos nitrogenados quedan accesibles para los demás microorganismos y plantas.

Los organismos amololíticos, celulolíticos y proteolíticos desempeñan un papel fundamental en el crecimiento de las plantas ya que convierten la glucosa en sustratos más asimilables estas. También intervienen en los ciclos del carbono (C) del nitrógeno (N)

Se registra un incremento de la actividad microbiana en el suelo, esto se debe al aporte del abono ya que facilita el crecimiento de estas poblaciones, en la gráfica n°4 se muestra el aumento de la actividad bacteriana en entre las parcelas. .

Gráfica 4 análisis microbiológico



Fuente: autores, 2021.

Con respecto a los nematodos las UFC/g fue menor a 1 en los dos análisis realizados, lo cual es favorable para las plantas, ya que son parásitos que atacan las raíces.

En cuanto a los hongos, se observa que la mejor interacción estuvo en la parcela con tratamiento, al igual que la textura y la estructura juega un papel importante para el desarrollo de las plantas, los resultados de los análisis microbiológicos se encuentran en el [anexo 4](#)

8.8.C.I.C

Se observa un crecimiento en la capacidad de intercambio catiónico en las parcelas con la aplicación de los tratamientos, como consecuencia de la adición de materia orgánica, lo que muestra el aumento de la fertilidad en el suelo tratado y menor posibilidad que los nutrientes se pierdan a través del lixiviado.

9. CONCLUSIONES

Al comparar los tratamientos, se pudo descartar la hipótesis nula debido a que no tuvieron la misma significancia en el proceso de recuperación, tomando como válida la hipótesis 1 donde hubo diferencia significativa entre los tratamientos aplicados.

Con los análisis de suelo de la muestra tomada, quedó en evidencia la escasez de algunos nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Pero al comparar los análisis de la parcela con el T2 mostró un notable enriquecimiento de nutrientes pasando de un estado muy bajo a uno medio.

La zona de siembra fue un factor que incidió en la calidad, ya que el ciclo del cultivo es más corto entre más baja y caliente sea la zona, y esto aumenta el contenido de fibra.

Un factor que pudo influir en el desarrollo de las plantas es el agua, ya que esta es salobre, y puede impedir el rápido crecimiento de estas.

En cuanto al crecimiento de las plantas, se determinó que el T3 fue el mejor, puesto que presentó plantas con un tallo más grueso, mayor cantidad de hojas y menor tiempo de germinación, todo lo contrario, a la parcela testigo, que presentó plantas con un desarrollo muy mínimo y algunas semillas no germinaron, y si lo hacían, se marchitaban.

La incorporación del abono tuvo efectos favorables en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, los buenos resultados van a ser una variable de la calidad del abono y la permanencia de este en el suelo.

El tipo de suelo de la zona presentó buenas propiedades físicas y biológicas pero malas en la parte química, la aplicación del abono orgánico generó cambios favorables, pasando de ser un suelo no fértil a ser uno con fertilidad media.

10. RECOMENDACIONES

A la hora de realizar un estudio de campo donde se utilice abono orgánico es recomendable hacer estudios de laboratorios más profundos con el fin de conocer mejor las propiedades del suelo a utilizar.

En próximas investigaciones, escoger diferentes tipos de abonos con el fin de seleccionar el que tenga mejores resultados, tanto en la práctica como en lo económico.

Hacer un estudio sobre la calidad de agua que se utiliza para riego con el fin de verificar si esta incide en el desarrollo de las plantas.

Realizar monitoreo constante al cultivo para evitar que la presencia de plagas deteriore las hojas de las plantas y adicional a eso, optar por la preparación de plaguicidas naturales.

Probar con cantidades más altas de abono y diferentes frecuencias de aplicación en la planta, con el fin de medir la efectividad sobre estas.

Mantener la humedad necesaria para el óptimo desarrollo del cultivo y evitar el riego por aspersión que genera proliferación de hongos, para lo cual es recomendable realizar los riegos en horas de la mañana, cuando las hojas aún están húmedas por el rocío.

Evitar sembrar en condiciones de lluvias fuerte, debido a que disminuye la producción por la presencia de enfermedades fungosas, asimismo se recomienda realizar un buen drenaje con el fin de evitar pudriciones radiculares y la presencia de estas enfermedades.

Hacer cercados altos con el fin de evitar la presencia de animales que puedan destruir el cultivo.

En caso de las leguminosas hacer cercados con el fin de evitar la aspersión de viento, ya que, al momento de enramarse, este las maltrata afectando su desarrollo.

Uso de testigo con el propósito de comparar un tratamiento con otro y que sirva de guía para afinar los criterios de selección.

Se recomienda limpiar los alrededores de la finca y eliminar las malezas y cultivos hospederos del virus y de la mosca blanca.

11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alvaro G. el calcio y su importancia en el crecimiento vegetal, [en línea]. fertibox análisis agrícolas, enero 2020.
- [2] Alvaro G. el magnesio y su importancia en el crecimiento vegetal, [en línea]. fertibox análisis agrícolas, enero 2020.
- [3] Alvaro G. el sodio y su importancia en el crecimiento vegetal, [en línea]. fertibox análisis agrícolas, enero 2020.
- [4] A. Báez, M. Gómez y colaboradores “inoculación con hongos micorrizicos y fertilización con urea de plantas de *fraxinus uhdei* en acrisoles proveniente de sitios degradados” *bot. Sic* vol. 93 no 3 México, sep. 2015
- [5] Aguilar M. evaluación de tres abonos verdes, mezcla de leguminosas mas gramínea, crucífera y amaranthaceae, en los suelos agrícolas degradados del canton bolívar. tesis para magister en agroecología y ambiente, Ecuador 2016.
- [6] Bermúdez A. restauración de suelos degradados mediante la aplicación de biosolido producido en la planta de tratamiento de aguas residuales el salitre en Bogotá D.C, tesis de especialización en gerencia ambiental, universidad libre, Bogotá, 2013.
- [7] Bonilla A. disponibilidad de nutrientes y pH en el suelo, [en línea]. Disponible en:<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimientos-y-el-ph-del-suelo>, 2018
- [8] Bonilla A. la conductividad eléctrica del suelo en el desarrollo de los cultivos, [en línea]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-conductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos>, 2017.
- [9] Bonilla A. los abonos orgánicos. Beneficios, tipos y contenidos nutrimentales. [en línea]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/los-abonos-organicos-beneficios-tipos-y-contenidos-nutrimentales>, 2016

- [9] C. sierra, A. lancilloti y colaboradores “ azu fre elemental como corrector del PH la fertilidad de algunos suelos de la zona iii y iv región de chile”, *agric tec.* Vol. 67 no.2 junio 2007
- [10] C. Crespo, *mecánica de suelos y cimentaciones, 5ta edición*, México: limusa, edit. Limusa, S.A. de C.V. grup. Noriega editores. 2004.
- [11] Dorrnsoro C. evaluación de suelos [en línea], disponible en: <http://www.edafologia.net/evaluacion/tema1/4caractgene.htm>, 2020
- [12] FAO, estructura del suelo, [en línea] disponible en: http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm
- [13] Huachi L. mejoramiento del suelo mediante la producción de un abono orgánico a partir de estiércol animal, en el parque metropolitano de quito. Tesis para magister en gestión ambiental y la industria, Ecuador 2018.
- [14] Jimenez M. exigencias nutricionales y de riego de la judía verde de enrame (habichuela), [en línea]. Cabildo de granja canaria: granja pág. 31- 37, diciembre 2014.
- [15] Jardon T. plagas y enfermedades de cultivo de las judías,[en línea], disponible en: <https://www.lahuertinadetoni.es/plagas-y-enfermedades-del-cultivo-de-las-judias/>, agosto 2018.
- [16] j. manzano, p rivera y colaboradores “rehabilitación de suelos salinos sódicos: estudio de caso en el distrito de riego 086, Jiménez, Tamaulipas, México” *terra latinoam*, vol. 32 no.3 jul/sep. 2014
- [17] Mellado J. ejemplos de diseños bloques al azar, [en línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/ug-dipa/ejemplos-de-diseo-bloques-al-azar>, marzo 2016.

- [18] Morales M. influencia de materiales orgánicos en la variación del pH de un suelo ácido y en la producción de cultivos de habichuelas, tesis para ingeniero agrícola, universidad del valle, 2015.
- [19] M. piscitelli, degradación de los suelos, divulgación universitaria, UNICEN, julio 2015
- [20] manual de microbiología abierta [en línea]. Disponible en: <http://www.microbiota.com.ar/sites/default/files/magric13%203-4.pdf>.
- [21] Norberto A. suelos: azufre como nutrientes para las plantas, producción agroindustrial del NOA, 1999.
- [22] O. Zúñiga, J. ozorio y colaboradores “Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos Degradados por Salinidad” *revista facultada nac. De agro.- Medellín* vol.64, no.1, pp. 5769-5779, enero-jun. 2011.
- [23] O. torres, R. Sánchez y colaboradores, protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión, IDEAM, 2015
- [24] portal de suelos de la FAO, propiedades físicas del suelo, 2017
- [25] portal de suelos de la FAO, propiedades químicas, 2017
- [26] R. simanca “efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y azufre elemental sobre propiedades químicas, físicas y biológicas de un suelo sódico *typic haplutepts* con cultivo de maíz (*zea mayz*) en el copey-cesar” tesis magister, cundin, UNAL, Bogotá, 2017
- [27] Terry C, Ruiz J, y otros, respuesta del cultivo de la habichuela (*phaseolus vulgaris* L. var. *verlili*) a la aplicación de diferentes bioproductos. *scielo cultop* vol. 34 n. 3 la habana septiembre 2013.

12. ANEXOS

Materiales de referencia

Anexo 1 Resultados obtenidos en campo días de germinación de cada tratamiento.

Tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	sumatoria	Media
T1	13	8	9	30	10
T2	6	6	6	18	6
T3	5	6	6	17	5,66

Datos de campo

Anexo 2 Resultados obtenidos en campo peso de las patas en cada tratamiento.

tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Suma	Media
T1	12	18	15	45	15
T2	672	724	787	2183	727,7
T3	817	815	803	2435	811,6

Datos de campo

Anexo 3 Resultados obtenidos en campo número de hojas

tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	suma	media
T1	12	15	9	26	12
T2	298	329	317	944	314,7
T3	429	416	430	1275	425

Anexo 4 Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los análisis de laboratorio muestra 1 (antes de la aplicación de los tratamientos)



**LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

MUESTRA: FINCA LAS ÁNIMAS

Análisis	Unidades	Valor
Arena	%	13,54
Arcilla	%	6,54
Limo	%	79,92
pH	Unidades	7,83
C.E.	dS/m	9,34
Acidez Inter	cmol(+)/kg	ND
Aluminio	cmol(+)/kg	ND
C.I.C.	cmol(+)/kg	14,03
C. Orgánico	%	2,09
M. Orgánica	%	3,60
Nitrógeno	%	0,17
Potasio	cmol(+)/kg	0,14
Calcio	cmol(+)/kg	7,88
Magnesio	cmol(+)/kg	5,11
Sodio	cmol(+)/kg	0,22
Fósforo	mg/kg P	12,34
Azufre	mg/kg S	7,23
Boro	mg/kg B	0,13
Hierro	mg/kg Fe	65,56
Cobre	mg/kg Cu	1,66
Manganeso	mg/kg Mn	11,34
Zinc	mg/kg Zn	1,02

ND= NO DEDETECTABLE

Fuente: laboratorio de calidad de agua universidad del magdalena, 2019

ND= NO DEDETECTABLE

Parámetros	Metodología	Unidad	Resultado
Aminolíticos	NMP	NMP/10g	43
Celulolíticos			140
Proteolíticos			11,8
Amonizante			13,2
Desnitrificacnte			14,8
Nematodos	Método de Bailenger modificado SM 10750 B	Número de huevos/g	<1
Recuento total de Bacterias	Recuento En Placa	UFC/g	280
Recuento total de Hongos	Recuento en placas	UFC/g	18

Fuente: laboratorio de calidad de agua universidad del magdalena.

Anexo 5 resultados físicos químicos y microbiológicos del laboratorio muestra 2 (después de la aplicación de tratamientos)



**LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

MUESTRA: Finca Las Ánimas

Análisis	Unidades	Valor
Arena	%	25,88
Arcilla	%	5,11
Limo	%	69,01
pH	Unidades	7,76
C.E.	dS/m	1,88
Acidez Inter	cmol(+)/kg	ND
Aluminio	cmol(+)/kg	ND
C.I.C.	cmol(+)/kg	13,49
C. Orgánico	%	1,49
M. Orgánica	%	4,01
Nitrógeno	%	0,20
Potasio	cmol(+)/kg	0,5
Calcio	cmol(+)/kg	7,88
Magnesio	cmol(+)/kg	6,09
Sodio	cmol(+)/kg	0,35
Fósforo	mg/kg P	40,0
Azufre	mg/kg S	8,40
Boro	mg/kg B	0,22
Hierro	mg/kg Fe	60,54
Cobre	mg/kg Cu	1,08
Manganeso	mg/kg Mn	10,54
Zinc	mg/kg Zn	0,58

ND= NO DEDETECTABLE

Fuente: laboratorio de calidad de agua, universidad del magdalena

MUESTRA: Finca Las Ánimas

Parámetros	Metodología	Unidad	Resultado
Amilolíticos	NMP	NMP/10g	58
Celulíticos			166
Proteolíticos			14,6
Amonizante			16,9
Desnitrificante			18,6
Nematodos	Método de Bailenger modificado SM 10750 B	Número de huevos/g	<1
Recuento total de Bacterias	Recuento En Placa	UFC/g	450
Recuento total de Hongos	Recuento en placas	UFC/g	33

Fuente: laboratorio de calidad de agua, universidad del magdalena

Anexo 6. Tabla de valores de referencia de condiciones de suelos

Tabla 2. Valores de referencia de condiciones de suelos.

	Unidades	BAJO	MEDIO	ALTO	OPTIMO
pH		< 5	5 – 6	6 – 7	> 7
Conductividad	dS/cm				
Calcio	cmol(+)/kg	< 4	4 – 6	6 – 15	> 15
Magnesio	cmol(+)/kg	< 1	1 – 3	3 – 6	> 6
Potasio	cmol(+)/kg	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 0.8	> 0.8
Acidez	cmol(+)/kg		0.3 – 1	< 0.3	> 1
Salinidad	%		10 – 30	< 10	> 30
Fósforo	mg/kg	< 12	12 – 20	20 – 50	> 50
Hierro	mg/kg	< 5	5 – 10	10 – 50	> 50
Cobre	mg/kg	< 0.5	0.5 – 1	1 – 20	> 20
Zinc	mg/kg	< 2	2 – 3	3 – 10	> 10
Manganeso	mg/kg	< 5	5 – 10	10 – 50	> 50
Boro	mg/kg	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1	> 1
Azufre	mg/kg	< 12	12 – 20	20 – 50	> 50
Materia orgánica	%	< 2	2 – 5	5 – 10	> 10
Nitrógeno	%	<0,2	0,2 - 0,5	>0,5	--
Conductividad	dS/cm	0 - 0,98 no salino	0,98 - 1,76 muy ligeramente salino	1,76- 3,16 ligeramente salino	3,16 -6,07 Moderadamente salino
Capacidad de intercambio catiónica	cmol(+)/kg	5	5-12	12	>12
Relaciones catiónica		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K

tomado de Molina, E. y Meléndez, G. 2002. Tabla de interpretación de análisis de suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.

Fuente: laboratorio de calidad de agua, universidad del magdalena

Anexo 7 evidencias fotográficas Producción de abono orgánico

1



2



3



Fotografías de las plantas a los 9 días después de la siembra.



T1



T2



T3

Fotografías de las plantas a los 25 días después de la siembra.



T1



T2



T3

Fotografías de las plantas a los 35 días después de la siembra.



T1



T2



T3

Fotografías de las plantas a los 49 días después de la siembra.



T1



T2



T3

Fotografías de las plantas a los 60 días después de la siembra (floración).



T1



T2



T3

Fotografías de los frutos.



T2



T3

Nota. El tratamiento 1 no tuvo producción en ninguna de las parcelas.