



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**EFICACIA DEL USO DE LA ESPECIE ZEA MAYS EN SUELOS CONTAMINADO POR
PLAGUICIDA DDT EN LAS ANTIGUAS INSTALACIONES DEL COLEGIO ANTONIO
GALO LAFAURIE DEL MUNICIPIO DE CODAZZI CESAR.**

AUTOR (ES):

YOENIS DURAN LOPEZ

ELIMAR DAMIAN RODRIGUEZ

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR
2022-2**

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



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**EFICACIA DEL USO DE LA ESPECIE ZEA MAYS EN SUELOS CONTAMINADO POR
PLAGUICIDA DDT EN LAS ANTIGUAS INSTALACIONES DEL COLEGIO ANTONIO
GALO LAFAURIE DEL MUNICIPIO DE CODAZZI CESAR.**

AUTOR (ES):

YOENIS DURAN LOPEZ

ELIMAR DAMIAN RODRIGUEZ

DIRECTOR / ASESOR:

ORLANDO RUBIANO LARA

INGENIERO AGRÓNOMO

ESPECIALISTA EN EDUCACIÓN AMBIENTAL

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR
2022-2**



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mis padres: Isabel López Rojas y William Duran, por ser el pilar incondicional en mi vida.

A mi hija, Cristina Isabel Vildary por ser el motor de mi vida.

A mi esposo, Juan Manuel Vildary, por su cariño y apoyo.

A mis hermanos Yarlis, Gaudis y Jostin por estar conmigo en todo momento.

Quiero dedicar esta tesis a la memoria de mis abuelos: Jose Manuel López, Ubaldo Antonio Nieves y Cebonia Barraza, que viven siempre en mi corazón.

Yoenis Durán López

Dedico esta tesis con todo mi corazón a mis padres, Deniris Rodríguez y Rafael Damián por qué siempre me apoyaron para que yo cumpliera mis metas.

Elimar Damián Rodríguez





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar a Dios mi gratitud por su infinita misericordia, por regalarme la vida y la salud para lograr esta meta en mi vida.

Gracias a mis padres Isabel López y William Duran, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años; gracias a ustedes he logrado llegar a la meta anhelada.

Gracias a mi esposo, hija, y hermanas, por todo su amor y apoyo brindado cada día.

De igual manera agradezco a cada docente que hizo parte de mi formación integral.

Yoenis Durán López

Primero quiero agradecerle a Dios por haberme dado la sabiduría, amor y paciencia para lograr esta meta tan importante. Agradezco a mis padres por siempre estar conmigo es este proceso apoyándome.

Agradezco a mi asesor de la tesis Orlando Rubiano por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, y también por habernos tenido tanta paciencia en el proceso y todos los docentes y compañeros que hicieron parte de mi formación académica

Elimar Damián Rodríguez





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



RESUMEN Y ABSTRACT

En el municipio de Agustín Codazzi, Cesar se registraron grandes problemáticas de tipo ambiental, social, de salud y económico, que fueron y siguen siendo muy considerables hasta el día de hoy. Estas problemáticas y afectaciones fueron provocadas por el excesivo uso de plaguicidas como el DDT. La investigación tenía por objeto determinar la eficacia del uso de la especie *Zea Mays* en suelos contaminado por plaguicida DDT en las antiguas instalaciones del colegio Antonio Galo Lafaurie del municipio de Codazzi Cesar. Se realizó por medio de tres fases. La primera consistió en identificar las propiedades físicas, la segunda Analizar la interacción de los suelos contaminados por el plaguicida mediante la aplicación de la especie *Zea Mays* y enmiendas orgánicas (compost, entre otros). Por último, se evaluó la eficiencia de la interacción de la especie y las enmiendas en la recuperación del suelo contaminado por el plaguicida. Los resultados mostraron que los tratamientos 2 y 3 presentan intervalos de confianza del 95% y del 93% respectivamente, según los datos de prueba de Tuckey donde $p > 0,05$. Por ende, el tratamiento 1 no representa diferencias significativas ente ellos, pero en comparación con los tratamientos 2 y 3, estos presentan mejores resultados en adaptación y crecimiento, puesto que, su intervalo de confianza se encuentra en el 73%, según los datos obtenidos. Por ende, la parcela con mayor eficiencia en el tratamiento fue la número dos.

Palabras claves: Biorremediación, enmiendas orgánicas, suelo contaminado, fitorremediación.





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



ABSTRACT

In the municipality of Agustín Codazzi, Cesar, major environmental, social, health and economic problems were recorded, which were and continue to be very considerable to this day. These problems and effects were caused by the excessive use of pesticides such as DDT. The purpose of the research was to determine the effectiveness of the use of the Zea Mays species in soils contaminated by the pesticide DDT in the old facilities of the Antonio Galo Lafaurie school in the municipality of Codazzi Cesar. It was carried out through three phases. The first consisted of identifying the physical properties, the second Analyze the interaction of the soils contaminated by the pesticide through the application of the Zea Mays species and organic amendments (compost, among others). Finally, the efficiency of the interaction of the species and the amendments in the recovery of the soil contaminated by the pesticide was evaluated. The results showed that treatments 2 and 3 have confidence intervals of 95% and 93%, respectively, according to the Tuckey test data where $p > 0.05$. Therefore, treatment 1 does not represent significant differences between them, but compared to treatments 2 and 3, they present better results in adaptation and growth, since their confidence interval is 73%, according to the data obtained. Therefore, the plot with the highest treatment efficiency was number two.

Keywords: Bioremediation, organic amendments, contaminated soil, phytoremediation.





Contenido

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN Y ABSTRACT	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCION.....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	12
2. JUSTIFICACIÓN.....	14
3. OBJETIVOS.	16
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4. MARCO REFERENCIAL.....	17
4.1 ANTECEDENTES	17
4.2 MARCO TEORICO.	19
4.3 MARCO CONCEPTUAL.....	24
4.4 MARCO CONTEXTUAL.....	26
4.5 MARCO LEGAL	28
5.MARCO METODÓLOGICO	30
5.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN Y SUBLÍNEA	30
5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	30
5.3 NIVEL DE INVESTIGACION.....	30
5.4 POBLACIÓN	30
5.5 MUESTRA	31
5.6 DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	31

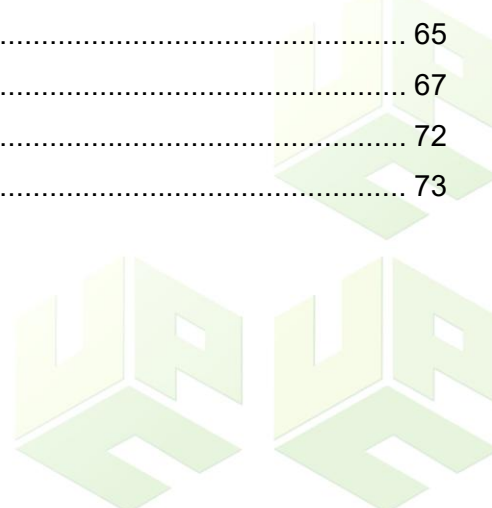
5.7. DESARROLLO METODOLOGICO.....	31
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	34
6.1 Identificación de las propiedades físicas (Humedad del suelo, filtración, textura, M.O, Densidad real y aparente, Porosidad, Conductividad) y químicas (Bases intercambiables, intercambio catiónico, Salinización, pH, determinación del fosforo, potasio y nitrógeno en el suelo)	34
6.2 Análisis de la interacción de los suelos contaminados por el plaguicida mediante la aplicación de la especie maíz y enmiendas orgánicas (compost, entre otros).	42
7. CONCLUSIONES	19
8. RECOMENDACIONES.....	21
9. BIBLIOGRAFIA.....	22
ANEXOS.....	26





LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de identificación de aspectos legales	28
Tabla 2 Propiedades fisicoquímicas	32
Tabla 3 Analisis convencional del suelo	36
Tabla 4 Determinación de la textura	38
Tabla 5 Analisis convencional del suelo	41
Tabla 6 Relaciones matematicas.....	41
Tabla 7 Parcelamiento realizado	43
Tabla 8 Residuos orgánicos para elaboración del jugo biológico.....	45
Tabla 9 Seguimiento al parcelamiento fecha 28 de noviembre de 2021	0
Tabla 10 Seguimiento al parcelamiento fecha 9 de diciembre de 2021	54
Tabla 11 Seguimiento al parcelamiento fecha 12 de diciembre de 2021	55
Tabla 12 Seguimiento al parcelamiento fecha 21 de diciembre de 2021	56
Tabla 13 Seguimiento al parcelamiento fecha 9 de enero de 2022.....	57
Tabla 14 Seguimiento al parcelamiento fecha 26 de enero de 2022.....	58
Tabla 15 Seguimiento al parcelamiento fecha 9 de febrero de 2022	59
Tabla 16 Seguimiento de los frutos de las parcelas.....	60
Tabla 17 Resultados fisicoquímicos después del tratamiento.....	61
Tabla 18 Determinación de la textura	63
Tabla 19 Análisis convencional del suelo	64
Tabla 20 Relaciones matematicas.....	65
Tabla 21 Comparación de resultados	67
Tabla 22 Análisis de la parcela 1 y 2 con respecto a la 3.....	72
Tabla 23 Resultados de la ANOVA unifactorial.....	73



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Geográfica Del Municipio De Codazzi-	27
Figura 2 Ubicación Geográfica del lugar	27
Figura 3 Recorrido en zig-zag	34
Figura 4 Terreno del colegio Antonio galo Lafaurie	35
Figura 5 Limpieza del terreno efectuado	35
Figura 6 Toma de muestra de suelo.....	36
Figura 7 Montaje de parcelamiento	44
Figura 8 Abono orgánico (boñiga de vaca).....	45
Figura 9 Jugo biologico	46
Figura 10 Preparación de los parcelamientos	47
Figura 11 Siembra de la semilla de maíz en las parcelas.....	48
Figura 12 Resultados antes y después de los tratamientos.....	71
Figura13 Rendimiento por parcelas	73





INTRODUCCION

El Municipio de Codazzi Cesar, tuvo una época de bonanza en los años 70, dado que era el primer productor de algodón en Colombia, tanto así que se convirtió en el principal productor de algodón en el país con 60 mil hectáreas sembradas, sin embargo, tres décadas después se había reducido a su mínima expresión.

Durante estas actividades de siembras algodonerías se presentaron enterramientos de los peores venenos como: DDT, arseniato de plomo, toxafeno, metil parathion, entre otros. los cuales se enterraron en 70 canecas a tres metros bajo tierra y el sitio donde están ubicadas gran parte estas plaguicidas es en las antiguas instalaciones del Instituto Técnico Agropecuario Antonio Galo Lafaurie en la cabecera municipal de Codazzi.

Después de estos episodios al ser enterradas más de 70 canecas de plaguicidas provenientes de la misma actividad, los ciudadanos empezaron a presentar bastantes afectaciones en la salud como malformaciones congénitas y entre las más preocupantes el cáncer. Además de estas afectaciones en la salud humana, Se presentaron efectos desastrosos surtidos al ecosistema, pero además los suelos se esterilizaron hasta lograr cierto proceso de desertificación de estos, haciendo difícil su recuperación.

A raíz de esta problemática ambiental pensamos en darle vida a este proyecto titulado (Eficacia del uso de la especie *Zea mays* en suelos contaminado por plaguicida DDT en las antiguas instalaciones del colegio Antonio Galo Lafaurie del municipio de Codazzi, Cesar)

Este proyecto tiene como fin la recuperación de suelos contaminados ya que estos plaguicidas como el DDT además de afectar la salud de los humanos afecta también las propiedades del suelo, Con este proyecto lo que queremos lograr es la fitorremediación en estos suelos contaminados por el plaguicida ddt a partir del “*Zea Mays*” Con la finalidad de reducir la contaminación por metales pesados en los suelos.

Esta alternativa trae consigo diversas posibilidades para la recuperación de una gran parte del suelo afectado por el plaguicida DDT teniendo en cuenta que este sistema es a partir de procesos biológicos que con una actividad metabólica lenta pero que genera resultados óptimos para su aplicabilidad consecutiva y segura, además de ser una técnica pasiva, amigable y sostenible con el medio ambiente.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el municipio de Agustín Codazzi, Cesar se registraron grandes problemáticas de tipo ambiental, social, de salud y económico, que fueron y siguen siendo muy considerables hasta el día de hoy. Estas problemáticas y afectaciones fueron provocadas por el excesivo uso de plaguicidas como el DDT.

A causa de esta problemática se presentaron afectaciones, lesiones y problemas en la calidad y productividad del suelo, gracias a que estos plaguicidas con base en químicos afectan el suelo y prolongan su desertificación, como lo es en los suelos de las antiguas instalaciones del colegio Antonio Galo Lafaurie del municipio de Codazzi, Cesar

Este terreno se encuentra abandonado por el efecto negativo que han producido estos químicos pudiendo utilizarse en proyectos de interés social o agricultura y así fortalecer el crecimiento de los ciudadanos.

El DDT es un insecticida organoclorado sintético el cual fue utilizado en el cultivo de algodón en el que se estima que se utilizaron 11 millones de litros en el suelo, lo que provocó un desequilibrio en el ecosistema o medio hábitat, la contaminación a largo plazo de este plaguicida ejerció una influencia muy negativa en el suelo ya que las propiedades biológicas del suelo disminuyeron diferentes componentes necesarios, los cuales pueden desencadenar una pérdida de la fertilidad del suelo Betancur (2013).

Por otra parte, estos plaguicidas han ocasionado graves problemas en la salud de los habitantes de dicho municipio, tanto así, que Codazzi se convirtió en el lugar con más alto índice de personas portadoras de cáncer en el país. A esto se le suma la inhabilitación de los suelos para su uso agrícola entre otros.

Por tales motivos se ha determinado la aplicación de fitorremediación partir *del “zea mays”* para la recuperación de este tipo de suelo afectado por los plaguicidas, ya que por estudios realizados anteriormente se demuestra que la planta de maíz absorbe los metales pesados del suelo mediante la aplicación de las enmiendas orgánicas que contribuyen a solubilizar el Pb y Cd del suelo. Además de su capacidad de restaurar y rehabilitar este tipo de suelos en condiciones infértiles y contaminados con plaguicidas como el DDT.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



¿Cuál será la eficiencia de la Fitorremediación con “*zea mays*” (maíz) para la recuperación del suelo contaminados por el plaguicida DDT?





2. JUSTIFICACIÓN

El suelo es considerado como un recurso necesario para el desarrollo agrícola y económico. Se hizo necesario este proyecto para satisfacer y resolver los distintos problemas mencionados anteriormente en el planteamiento del problema, se realizará mediante la alternativa de fitorremediación del suelo por medio de la Planta fitorremediadora: Maíz (Zea Mays), para la recuperación de este tipo de suelo afectado por los plaguicidas.

La fitorremediación es una tecnología emergente basada en plantas superiores y microorganismos asociados al a rizosfera, que constituye una opción para la remoción in situ o ex situ de contaminantes. En ecosistemas naturales las plantas actúan como filtros que buscan remover, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar, concentrar o estabilizar contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelo, lodos, agua y sedimentos (Machado, 2007; Cho et al., 2008; Alarcón y Ferrara, 2013).

Otras de las razones por la cual es importante la realización de este proyecto, es que además de los beneficios que traerá para este suelo afectado por los plaguicidas, es la información que puede dejar para las futuras generaciones acerca de las alternativas más efectivas para la recuperación y restauración de suelos contaminados.

La realización de este proyecto traerá grandes beneficios para los residentes del municipio de Codazzi, ya que se podrá recuperar la calidad y productividad del suelo, para poder hacer uso de este terreno en proyectos de inversión social que puedan contribuir al desarrollo del municipio.

La implementación de técnicas de fitorremediación es recomendable, debido a que generalmente no altera los ecosistemas, se realiza sin atentar contra ellos, es una técnica pasiva, amigable y sostenible con el ambiente; y se puede usar junto con métodos mecánicos tradicionales o en algunos casos en reemplazo de ellos (Bernal, 2014).

es importante resaltar que la especie de planta escogida para la fitorremediación hacen parte del grupo de las plantas GM. las cuales reducen significativamente la cantidad de agroquímicos presentes en el suelo necesario para aplicación de nuevos cultivos, en este caso tienen características donde se exaltan por su alto grado de extracción y filtración desde su raíces , viajando por su follaje hasta llegar a las hojas donde en estas sé



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



conservará el contaminante sin volatilizar a la atmosfera para no contribuir aún más a la contaminación; esta sería una de las ventajas por el cual es de mucha representación aplicar este método de recuperación de suelos con “*Zean Mays*” (maíz).



3. OBJETIVOS.

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la eficacia del uso de la especie *Zea Mays* en suelos contaminado por plaguicida DDT en las antiguas instalaciones del colegio Antonio Galo Lafaurie del municipio de Codazzi Cesar.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las propiedades físicas (Humedad del suelo, filtración, textura, M.O, Densidad real y aparente, Porosidad, Conductividad) y químicas (Bases intercambiables, intercambio catiónico, Salinización, pH, determinación del fosforo, potasio y nitrógeno en el suelo).
- Analizar la interacción de los suelos contaminados por el plaguicida mediante la aplicación de la especie *Zea Mays* y enmiendas orgánicas (compost, entre otros).
- Evaluar la eficiencia de la interacción de la especie y las enmiendas en la recuperación del suelo contaminado por el plaguicida.



4. MARCO REFERENCIAL.

4.1 ANTECEDENTES

Cerrón e tal (2018). Fitorremediación con maíz (*Zea Mays*) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados. La finalidad de reducir la contaminación por metales pesados en los suelos del centro de país, decidimos a observar el efecto de las enmiendas orgánicas (Compost y Vermi compost y Stevia) se realizó el presente trabajo utilizando maíz como planta fitorremediadora. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia del maíz. Los resultados indica que los suelos de la localidad de Muqui, contienen la mayor cantidad de Pb y Cd, presentando efectos negativos como un menor rendimiento de materias secas de hojas, tallos y raíces del maíz, además, de un desarrollo más lento; se puede determinar según lo antes dicho que la planta de maíz (*Zea Mays*) puede ser utilizada como plata remediadora ya que se obtuvieron resultados óptimos en cuanto a fitorremediación ante suelos degradados por contaminantes de metales pesados, es preciso resaltar que este tipo de plantas también puede ser aplicada en recuperación de suelos deteriorados por herbicidas, plaguicidas, hidrocarburos, surfactantes que ayudan a la degradación de los mismos.

José Martin Rosa Castos, (2015). Evaluación de la transferencia y especificación de arsénico en cultivos de maíz (*Zea Mayz*). La ingesta de productos agrícolas constituye una de las principales fuentes de exposición humana a arsénico. El objetivo de evaluar la transferencia de arsénico en cultivos de maíz y su riesgo potencial para la salud humana. El resultado de la investigación es que el As total se determinó mediante espectrometría de fluorescencia atómica con sistema de generación de hidruros (HG-AFS), y para la especiación de arsénico el HG-AFS se acopló un sistema de cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC). El pH del suelo presentó una correlación negativa con el arsénico acumulado en la planta de maíz. Parámetros como el contenido de hierro y manganeso presentaron una correlación negativa con la translocación de arsénico en el maíz. El contenido de especies inorgánicas de arsénico en raíz, tallo y hoja de maíz fue > 80% del As total, lo cual sugiere un riesgo importante de envenenamiento por este metaloide.

Figueroa (2014). Fitorremediación en la recuperación de suelos. En esta investigación se revisan aspectos fundamentales de la fitorremediación como técnica en la

recuperación de suelos, la cual se emplea para eliminar o disminuir la contaminación o degradación de los mismos, por medio de la utilización de especies vegetales remediadoras *Brassica Juncea*, *Zea Mays*, *Tabaco*, *Nicotina Tabacum*, de herbicidas, plaguicidas e hidrocarburos aplicando técnicas tales como la fitoextracción, rizofiltración, fitoestabilización, fitodegradación, rizodegradación y fitovolatilización, están determinadas principalmente por el tipo de contaminante, diversidad microbiana y propiedades del suelo. El objetivo de esta investigación es conocer cuál de estas plantas remueve mejor diferentes contaminantes, algunos aspectos en cuanto a la nutrición mineral y la tolerancia de las plantas, las principales ventajas y desventajas que ofrece esta técnica, algunas especies empleadas para su implementación y unos estudios de caso. Resultado es que el conocimiento de los procesos fisiológicos en la planta y los compuestos tóxicos permite que se puedan seleccionar especies vegetales con mayores niveles de tolerancia hacia contaminantes específicos; y adicionalmente, por medio de modificaciones genéticas se puede incrementar la biomasa vegetal, su morfología, densidad radicular o penetración en profundidad, así como favorecer la existencia de asociaciones específicas entre microorganismos y raíces.

Kopotko, Correa, Estevez, (2017). Biodegradación estimulada de los suelos contaminados con pesticidas organoclorados. El propósito de esta investigación fue evaluar la biodegradación de DDT y de los productos DDD y DDE, presentes en el suelo contaminado durante 16 años en el municipio Agustín Codazzi, Cesar, Colombia. Se llevaron a cabo bioestimulación, bioaumentación y un tratamiento de control bajo condiciones anaerobias y aerobias secuenciales. El objetivo de esta investigación es evaluar la eficiencia de las diferentes bacterias. En el proceso de bioestimulación se adicionó fósforo para optimizar la proporción C: N:P en el suelo tratado. De las bacterias nativas se aislaron las cepas bacterianas con la capacidad biodegradadora del DDT y fueron identificadas mediante las características morfológicas y ampliación por PCR de la región de 1465 pb del gen ribosomal 16 S y secuenciación. De estas se seleccionaron cuatro cepas bacterianas para el proceso de bioaumentación: *Burkholderia cepacia*, *Pseudomonas fluorescens*, *Aeromonas caviae*, y *Bacillus* sp, las cuales fueron bioaumentadas en el laboratorio e inoculadas en el suelo tratado en concentración de 10⁸

UFC/ml. La concentración de DDT, DDD y DDE se determinó por medio de cromatografía de gases. Los mejores resultados se obtuvieron durante la fase anaerobia logrando una remoción de DDT, DDD y DDE en un 56,2%, 17,1% y 44,5% respectivamente.

4.2 MARCO TEORICO.

4.2.1 EL SUELO

El suelo define como la capa más superficial de la corteza terrestre que resulta de la descomposición de las rocas por cambios bruscos de temperatura y por acción del agua, del viento y de los seres vivos. Estos cambios generados principalmente por un proceso natural llamado meteorización, son procesos en su gran mayoría vitales para desarrollo de los suelos teniendo en cuenta que otros factores ambientales pueden influir de manera negativa para que dicho proceso se estanque y genere deterioro en el mismo, principalmente factores relacionados con hombre y animales. (Lisardo, 2006).

4.2.1.1 FORMACIÓN DEL SUELO

La formación del suelo está influenciada por cinco factores independientes, pero que interactúan entre sí para dar lugar al suelo. Estos factores son: material parental o roca madre, clima, relieve o topografía, biota (organismos) y tiempo. Estos factores se pueden caracterizar como un ciclo en el cual uno depende del otro para cumplir con cada uno de los aspectos naturales que a estos se les identifica, todos estos factores son influyentes para la formación del suelo, pero hay que resaltar que la precipitación de la lluvia conlleva a dar paso a los procesos correspondientes, ya que el clima condiciona la velocidad de la meteorización en la roca madre. (Jenny, (2017)

4.2.1.2 COMPONENTES DEL SUELO

El suelo está compuesto por particular. Materia orgánica, agua y aire en distintas proporciones.

- Partículas minerales: según su tamaño reciben distintos nombres: las más grandes son las gravas tienen un diámetro superior a 2 mm, las intermedias es la arena y limo el diámetro entre 1 y 0.05 mm, las pequeñas las arcillas con un diámetro inferior a 0.002 mm. Van, (2006).
- Materia orgánica: está compuesta por residuos vegetales y animales en diferentes grados de descomposición que se distinguen y reconocen a simple vista hasta el

material oscuro, similar a una tierra negra, granulosa, porosa que se conoce con el nombre de humus. Al igual que las arcillas, la materia orgánica está compuesta por pequeñas partículas cargadas eléctricamente que incrementan la capacidad del suelo para almacenar nutrientes y tenerlos a disposición para el planeta. Van, (2006).

- Agua y aire: son componentes esenciales para el crecimiento y la vida de las plantas y los organismos que viven en él. El agua desempeña varias funciones:
 - Intervienen en el proceso de formación del suelo a partir de la roca madre (el agua hidrata, rompe, disgrega, disuelve, arrastre, deposita, etc.)
 - Estimula la actividad de los organismos que habitan el suelo.
 - Solubiliza elementos minerales y orgánicos que nutren a la planta.
 - El medio de transporte de los nutrientes desde el suelo a la planta a través de las raíces.
 - Regula la aireación y la temperatura del suelo.
 - Hidrata a las semillas para la germinación

El aire del suelo contiene los mismos componentes gaseosos que la atmósfera, aunque en proporciones distintas, hay principalmente nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico y vapor de agua. La presencia del aire es fundamental para la respiración de las raíces y de todos los seres vivos presentes en él. Van, (2006).

4.2.1.3 TIPOS DE SUELO

Colombia es un país con una inmensa gama de suelos que permiten desarrollar diferentes actividades. Contexto ganadero, (2019).

- **Entisoles:** Son los suelos más jóvenes, con bajo desarrollo de perfil (horizontes). Se ubican principalmente en zonas inestables. Como planos de inundación, dunas de arena y pendientes inundadas.
- **Inceptisoles:** Son también suelos jóvenes y con características variadas; la principal, que la diferencia de los demás suelos es que son menos evolucionados, es decir, son suelos en estados iniciales de desarrollo de perfil del suelo, con un horizonte A incipiente, que no alcanza para definir otro tipo de suelo y que se



encuentra sobre el horizonte B que se diferencia principalmente por el color (más oscuro es el A, más claro el B). Contexto ganadero, (2019).

- **Andisoles:** Suelos formados a partir de cenizas volcánicas como material parental, de texturas generalmente francas, de moderada a alta, que rápidamente acumulan materia orgánica y complejo aluminio-humus, que ocasionan la adsorción de fósforo, haciendo deficiente este elemento en los andisoles, presentan moderada a alta capacidad de intercambio y generalmente por la presencia de aluminio, son de pH con tendencia ácida. Son suelos considerados de alta productividad. Contexto ganadero, (2019).
- **Vertisoles:** Son suelos con alto contenido de arcillas, con la característica especial de ser expansibles –en época seca se contraen y en época húmeda se expanden–, ocasionado que no tengan horizontes definidos sino mezclados. Tienen alta capacidad de intercambio catiónico, y en general, alta fertilidad. Su principal limitante es física porque la contracción-expansión ocasiona rompimiento de raíces. Es frecuente encontrarlos en zona del Valle del Cauca.
- **Histosoles:** Son suelos desarrollados a partir de la acumulación de materiales orgánicos, en zonas donde las condiciones climáticas no son favorables para su descomposición y mineralización. En Colombia, estos suelos se forman cerca de los lagos y lagunas, donde el material vegetal se acumula sobre el agua a tal punto, **que** se forman este tipo de suelos en donde la materia orgánica se puede encontrar en varios grados de descomposición. Son suelos fértiles, pero deben ser manejados de forma especial porque son muy frágiles.
- **Ultisoles:** Son los suelos con mayor evolución después de los oxisoles. Se caracterizan por ser ácidos, con alta saturación de aluminio, bajos contenidos de carbono orgánico y baja capacidad de intercambio. En general, son de baja fertilidad, de textura principalmente arcillosa y se desarrollan preferiblemente en climas de alta temperatura y humedad. Contexto ganadero, (2019).
- **Oxisoles:** Son los suelos más evolucionados de acuerdo con la clasificación de la USDA (Departamento de Agricultura de EE.UU.). Al igual que los ultisoles, se



presentan preferiblemente en zonas cálidas húmedas. Son suelos ácidos, de baja CIC y bajo contenido de carbono orgánico y se diferencian de los ultisoles porque sus arcillas están compuestas básicamente por óxidos de hierro y aluminio, Por esta razón estos suelos son distintivamente rojos, color característico en la región de los llanos orientales de Colombia. Contexto ganadero, (2019).

4.2.1.4 USO DEL SUELO

En Colombia hay muchos problemas por el uso inadecuados de las tierras, se encuentran 22 millones de hectáreas con vocación para agricultura, pero solo están en uso 5.3 millones de éstas. Comparado con 15 millones de hectáreas con vocación para ganadería, donde se usan 35 millones de hectáreas. Esto significa un conflicto de uso de gran magnitud en el territorio nacional, en los departamentos de la región caribe, los cuales corresponden a Sucre, Atlántico, Bolívar, Magdalena, Cesar, La Guajira y Córdoba, en los cuales se presenta el mayor porcentaje de uso inadecuado de los suelos en el territorio nacional, siendo del 70%, según información del IGAC. Perlaza, 2017.

4.2.2 FITORREMIACION

La fitorremediación es una técnica que aprovecha la capacidad algunas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua, o sedimentos como metales pesados, elementos radiactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo. Agricultores, (2015).

4.2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LA FITORREMIACIÓN

Este tiene 6 clasificaciones según su metodología y destino de aplicación tales como; Fitoestabilización, Fitoextracción, Rizofiltración, Fitovolatilización, Fitodegradación y Fitoestimulación. Esta clasificación se diferencia de acuerdo a cada una de sus particularidades ya que cada una cumple un papel fundamental en el medio con diferentes aportes para la recuperación del espacio afectado, estos aportes tienen que ver con la absorción por medio de las raíces, tallos, hojas de agentes contaminantes como (metales pesados, compuestos orgánicos e inorgánicos) con la capacidad de ir degradando los componentes tóxicos del mismo hasta evaporarse o volatizarse a la atmosfera.(Agricultores, 2015),

4.2.2.2 USO DE LA FITORREMIACION



Una alternativa a los métodos fisicoquímicos que se han utilizado tradicionalmente para solventar los problemas de contaminación ambiental. Inicialmente se mencionó que la fitorremediación era uno de los mecanismos en la actualidad con mayor aplicabilidad debido a que este es un método biológico a bajo costo en comparación de otros procesos que podrían alterar el estado natural del suelo podrían volverse aún más en contra que los contaminantes presentes en el mismo. (Agricultores, 2015).

DICLORO DIFENIL TRICLOROETANO (DDT)

Es un plaguicida usado extensamente en el pasado para controlar insectos en cosechas agrícolas e insectos portadores de enfermedades tales como la malaria y el tifus. Actualmente se usa solamente en unos pocos países para controlar la malaria; El DDT de calidad técnica, es una mezcla de 3 formas de DDT: p,p'-DDT (85%), o,p' (15%) y de pequeñísimas cantidades de o,o'-DDT. Todas estas formas son sólidos blancos cristalinos sin sabor y casi sin olor. El DDT de calidad técnica también puede contener DDE (diclorodifenildicloroetileno) y DDD (diclorodifenildicloroetano) como contaminante. El DDD, también se usó para matar plagas, pero su uso fue mucho menos extenso que el del DDT. Una forma de DDD ha sido usada en medicina para tratar el cáncer de la glándula adrenal. Tanto el DDE como el DDD son productos de degradación del DDT. (Resumen de salud pública, 2016).

PELIGROS Y RIESGOS CONOCIDOS RESPECTO AL MEDIO AMBIENTE

Los efectos adversos para la salud de los animales expuestos al DDT incluyen fallos en la reproducción y en el desarrollo, posibles efectos en el sistema inmunitario y muertes difundidas de aves salvajes después de rociar el DDT. (Wikipedia, 2020).

Como sucede con muchos insecticidas organoclorados, el mayor objetivo de la exposición aguda al DDT es el sistema nervioso. La administración a largo plazo del DDT ha dado lugar en los animales a efectos hepáticos, renales e inmunitarios. El DDT impide al andrógeno de unirse con su receptor, bloqueando, por tanto, el andrógeno para conducir un normal desarrollo sexual en las ratas macho y dando lugar a anomalías. (Wikipedia, 2020).

Este pesticida afecta a las aves rapaces quienes se contaminan al incorporarlo por medio de los organismos que consumen. Se trata de acumula en la cadena trófica y llega a

las rapaces, normalmente predadores tope de la cadena trófica, en grandes cantidades. Por otro lado, su insolubilidad en agua hace que pueda ser arrastrado por el viento o las aguas corrientes. (Wikipedia, 2020).

4.2.3 EL MAÍZ (zea mays)

Es considerado el tercer cultivo más importante del mundo, después del trigo y del arroz, debido a que se adapta ampliamente a las diversas condiciones ecológicas y edáficas, se lo cultiva en casi todo el mundo y se constituye, en alimento básico para millones de personas, especialmente en América latina. El maíz es una de las plantas cuya producción es muy consumida a nivel país por las familias, por lo que el aumento de la productividad por área de superficie es una necesidad urgente, y se debe implementar nuevas prácticas agronómicas. El maíz muestra notoria predilección por suelos ricos en materia orgánica y dotada de adecuadas propiedades físicas y biológicas del suelo. (Guerrero “et al”, 2019)

CONDICIONES IDEALES

La adaptabilidad en este aspecto es igualmente importante, aunque sean más favorables los suelos francos, profundos y con elevado nivel de fertilidad. El suelo ideal para el cultivo de maíz es de textura intermedia, de franco a franco-arcilloso. Los suelos para el maíz deben ser bien drenados y aireados, al ser este uno de los cultivos menos tolerantes a la baja difusión de aire en el suelo. El pH ideal para la siembra de maíz es de 5,5 a 7,0 existiendo fuera de estos límites problemas de toxicidad de ciertos elementos. Para la germinación, la temperatura media diurna mínima debería de ser no menos de 10 °C, siendo la óptima entre 18 y 20 °C. Para el crecimiento soportan temperaturas como mínimo de 15 °C y como máxima de hasta 40 °C, siendo la ideal entre 20 a 30 °C. Y para la floración necesita temperaturas que estén en promedio de 20 a 30 °C. y con días soleados y noches. (Guerrero “et al”, 2019).

4.3 MARCO CONCEPTUAL

En el marco conceptual se tendrán en cuenta diferentes términos en orden alfabético, conceptos o referencias mencionadas en el desarrollo de la investigación con el fin de otorgarle al lector un contexto de la investigación mucho más fácil de comprender y aportar un análisis crítico a cada párrafo redactado.

Abonos biológicos: es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales digieren los materiales, transformándolos en otros benéficos que aportan nutrientes al suelo y, por tanto, a las plantas que crecen en él. (Ramos, 2014).

Compost: es un abono orgánico, obtenido a partir de la descomposición controlada de la materia orgánica. (Amigos de la tierra 2012).

Contaminación: La contaminación es la introducción de sustancias u otros elementos físicos en un medio que provocan que este sea inseguro o no apto para su uso, el medio puede ser un ecosistema, un medio físico o un ser vivo. Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio.

Deficiencia de Fosforo: incluyen retrasos en el crecimiento de la planta, coloración púrpura oscura de las hojas más viejas, retraso en el crecimiento de las raíces y el florecimiento. (Smart, 2020).

Fitorremediación: es una ecotecnología, basada en la capacidad de algunas plantas para tolerar, absorber, acumular y degradar compuestos contaminantes. (Ecologistas en acción, 2008).

Materia orgánica: almacenan muchos nutrientes del suelo. También mejoran su estructura, sueltan suelos de arcilla, ayudan a prevenir la erosión y mejoran la capacidad de retención de nutrientes y agua de suelos arenosos o toscos. (Pascual, 2013).

Organoclorados: conforman un grupo de pesticidas artificiales desarrollados principalmente para controlar las poblaciones de insectos plaga.

Plaguicidas: Es cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales, o que pueda administrarse a los animales para combatir ectoparásitos.

Plantas GM: Las plantas genéticamente modificadas (GM) comenzaron a desarrollarse a comienzos de los años ochenta, como producto de la aplicación de la biotecnología moderna. Se conocen como plantas GM a aquellas cuya información genética



(genoma) ha sido modificada mediante ingeniería genética, ya sea para introducir uno o varios genes nuevos o para modificar la función de un gen propio.

Salinización del suelo: La salinización es proceso químico de origen natural o inducido por las actividades antrópicas mediante el cual ocurre el aumento, ganancia o acumulación de sales solubles en el suelo, lo cual tiene implicaciones negativas sobre los servicios y las funciones ecosistémicas y ambientales que ofrecen los suelo. (IDEAM, 2015).

4.4 MARCO CONTEXTUAL.

4.4.1 DEPARTAMENTO DEL CESAR.

El departamento del Cesar está conformado por 25 municipios entre ellos (Valledupar, Aguachica, Agustín Codazzi, Bosconia, Chimichagua, El copey, San Alberto, Curumaní, el Paso, La paz, Pueblo bello, las jaguas de Ibirico, Chiriguaná, Astrea, San Martin, Pelaya, Pailitas, Gamarra, Manaure balcón del cesar, Rio de oro, Tamalameque, Becerril, San diego, La gloria y Gonzales. Entre los anteriores municipios la gran mayoría se dedican a la agricultura, ganadería, minería, agronomía, entre otras prácticas.

4.4.2 MUNICIPIO DE CODAZZI.

Este municipio se encuentra ubicado en la parte norte del cesar a 45 minutos de la capital del departamento (Valledupar), hace parte de la serranía del Perijá. Se fundó en el año 1700 por el Capitán Salvador Feliz Arias, pacificador de la etnia Coyaima. Codazzi tiene una población 55 mil habitantes y una extensión territorial 1739 kilómetros cuadrados enmarcado en la serranía del Perijá una zona montañosa donde se producen alimentos cultivados por campesinos; Agustín Codazzi que en años anteriores fue más conocido como la "capital blanca" de Colombia ya que hubo grandes extensiones de cultivo de algodón.

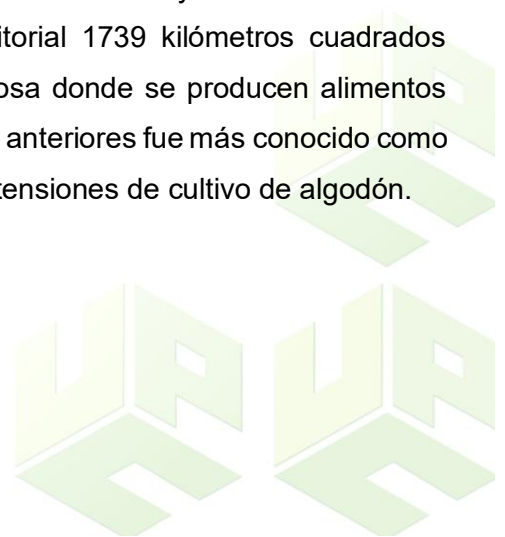
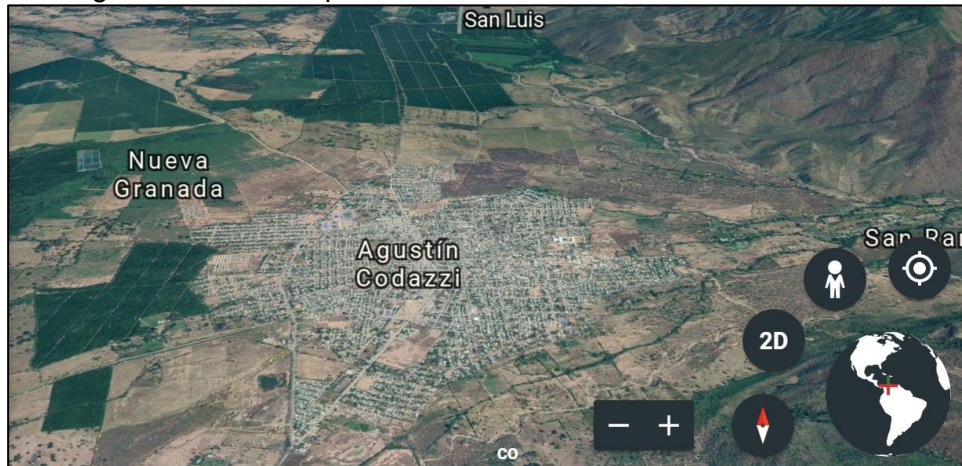


Figura 1

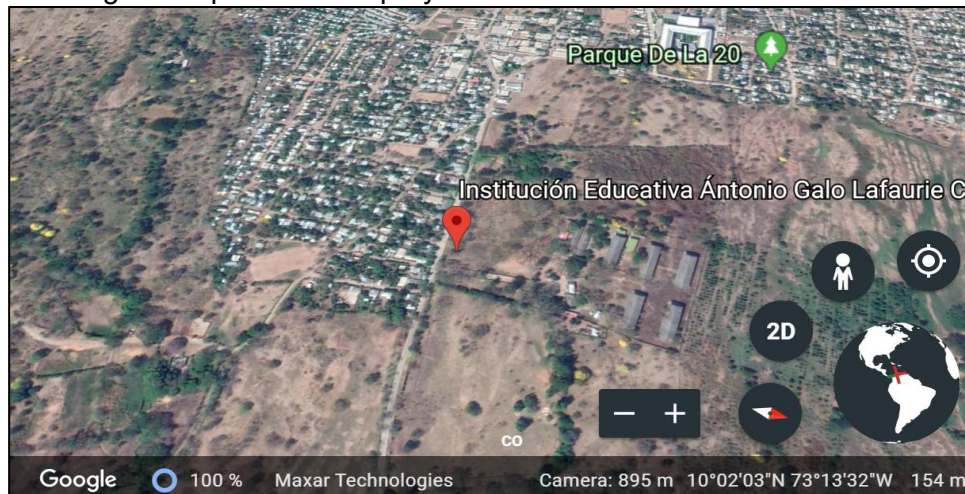
Ubicación Geográfica Del Municipio De Codazzi-



Fuente: (Earth Maps, 2019)

Figura 2

Ubicación de lugar de aplicación del proyecto.



Fuente: (Earth Maps, 2019)

La economía del Municipio es principalmente Agropecuaria basada en el cultivo del Algodón, Café, Caña de Azúcar, Palma Africana y otros productos agrícolas en menor escala. Del mismo modo la cría de semovientes como ganado ovino, caprino y vacuno; y

en menor escala explotación minera la cual aumentará con la apertura de la mina El Descanso, con una extensión de 42.800 hectáreas.

Suelos: El 76% del territorio municipal se clasifica como suelos de producción y 24% como suelos de protección. Entre los primeros 25% corresponden a suelos para producción forestal y agroforestal, ubicados en el piedemonte principalmente, mientras que el 51% restante corresponden a las partes planas al occidente del municipio. Los suelos de protección se ubican principalmente a la Serranía de Perijá, 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, es un caso excepcional en Colombia, por lo que su productividad agropecuaria puede considerarse una de las mayores potencialidades del Municipio.

La zona urbana presenta suelos limo-arenosos (Clasificación U.S.C SM, A.A.S.H.TO A-4.), color café, con limite liquido menor de 20 y bajo índice de plasticidad (< 5), en la mayor parte del área presenta alto contenido de gravas, cantos rodados y rocas de hasta 0.50 m³. Plan de desarrollo Codazzi con futuro, (s.f), mi Colombia digital.

4.5 MARCO LEGAL.

(POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL AMBIENTAL DEL SUELO (GIAS), (2013) La Constitución Política de 1991 establece el marco general para el uso, acceso y conservación de los componentes del ambiente (entre ellos el suelo); la misma, otorga una importancia fundamental al tema ambiental, al establecer como uno de los principios la obligación del Estado y de las personas de proteger las riquezas culturales y naturales de la nación y para ello, determina que el Estado Colombiano debe proteger tanto la diversidad como la integridad del medio ambiente.

Tabla 1

Matriz de identificación de aspectos legales

TEMÁTICA	DECRETO O RESOLUCIÓN	CONTENIDO
CONSTITUCIÓN COLOMBIANA	ARTICULO 80	El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para



garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

SUELO	Ley 09 de 1979	Protección de ambiental
	Ley 99 de 1993	Reordena el sector público encargado de la gestión y conservación de ambiente y los recursos naturales renovables, crea el SINA y el ministerio del ambiente.
	Decreto 2811 de 1974	El código de los recursos naturales renovables y de protección del medio ambiente.
	Decreto 843 de 1979	Control de las industrias y comercio de los abonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo, plaguicidas de uso agrícola, entre otros.
	Decreto 775 de 1990	Uso y manejo de plaguicidas.
	Decreto 462 del 2008	Política para el manejo del suelo del distrito capital proteger para un mejor futuro
	Resolución 170 de 2009	Día Nacional de los Suelos y se adoptan medidas para la conservación y protección de los suelos en el territorio nacional
	Decreto Ley 2811 de 1974 y	sobre uso, comercialización y aplicación del D.D.T



la Ley 09 de
1979

Fuente: Principales normas ambientales, adaptados por los autores (2020)

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN Y SUBLÍNEA

La línea de investigación: Sostenibilidad y gestión ambiental

Sub línea: Gestión Integral Ambiental Del Suelo.

5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Experimental, siendo aquella que permite con más seguridad establecer relaciones de causa a efecto. Evaluativa, esta valora los resultados de un programa debido a los objetivos propuestos para el mismo, a fin de tomar decisiones sobre su proyección y programación para el futuro. Tamayo, (1999).

5.3 NIVEL DE INVESTIGACION

El nivel de investigación de este proyecto es de tipo experimental y evaluativa, porque se le adicionan un componente que el suelo no contenía, los cuales son fertilizantes (biológicos) para describir los fenómenos que ocurren también es evaluativa ya que consiste en evaluar el método que vamos a utilizar teniendo en cuenta el tiempo, el dinero y el esfuerzo utilizado para lograr una meta. Questionpro, (2019).

5.3.1 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este proyecto se aplicará un método mixto (cualitativo y cuantitativo) donde se verificarán las características del suelo y la interacción de la planta de "Zea Mays" (Maíz) en la recuperación de este.

5.4 POBLACIÓN

La población de estudio para esta investigación fue el suelo de las antiguas instalaciones del colegio Antonio galo Lafaurie ubicadas en la carrera-,1c #12a66, en el Municipio de Agustín Codazzi, Cesar

5.5 MUESTRA

La muestra con la que realizamos el estudio fue con divisiones del terreno ubicado en las antiguas instalaciones del colegio Antonio Galo Lafaurie en el Municipio de Codazzi, se tomaron 3 parcelas de 1x1.5 mts² dejando una en blanco

5.6 DISEÑO DE LA INVESTIGACION.

Para el desarrollo de la investigación se tendrán en cuenta la clasificación de las fases de acuerdo con los objetivos específicos trazados, con el fin de identificar y caracterizar cada uno de los procesos por los cuales se llevará a cabo la implementación de dicho proyecto; Los resultados de cada puesta en marcha de tratamiento se definen como las variables dependientes ajustables a las condiciones para que surja el efecto de fitorremediación.

5.7. DESARROLLO METODOLOGICO.

5.1.5.1 ETAPA 1: identificar las propiedades físicas (Humedad del suelo, filtración, textura, M.O, Densidad real y aparente, Porosidad, Conductividad) y químicas (Bases intercambiables, intercambio catiónico, Salinización, pH, determinación del fosforo, potasio y nitrógeno en el suelo)

Actividad 1.1: Elección de los puntos estratégicos y toma de muestra

Se escogieron los puntos estratégicos (dentro de la muestra poblacional) en donde se realizó el procedimiento para la toma de muestras. Se tomaron 6 muestras simples realizando un recorrido en zig – zag por el terreno para posteriormente mezclarlas formando una sola la cual será mandada al laboratorio, donde se recogió una muestra de 500 gramos para cada análisis de suelo.

1.1.1. Herramientas utilizadas en la recolección de la muestra del suelo: Machete, Pala común, Paladruga, balde o carretilla ambas, para revolver todas las sudmuestras y de ahí sacar la muestra a utilizar.

Actividad 1.2 Propiedades Físicas y químicas

Descripción: las condiciones que se tuvieron en cuenta en el estudio de la muestrea del suelo.

Tabla 2

Propiedades fisicoquímicas

Propiedades	Dimensión	Técnica y/o método
Químicas	Determinación de fosforo	Se utilizó el método de Holsen por adsorción atómica
	Determinación de potasio	Se utilizó por el métodos de Bray I por adsorción atómica
	Nitrógeno total	Análisis completo, adsorción atómica
	Porcentaje de materia orgánica	Análisis completo adsorción atómica
	Bases intercambiables presentes en suelo	Análisis completo por adsorción atómica
	Capacidad de intercambio catiónico	Análisis completo por adsorción atómica
	Salinización del suelo	Análisis completo por adsorción atómica
	pH o reacción del suelo	Análisis completo por adsorción atómica
	Físicas	Determinación de la textura
% Porosidad		Análisis completo
Densidad real y aparente		Método del cilindro biselado
Conductividad eléctrica		Análisis completo

Fuente: autores, 2021.

5.1.6.2 ETAPA 2: Analizar la interacción de los suelos contaminados por el plaguicida mediante la aplicación de la especie maíz y enmiendas orgánicas (compost, entre otros).

Actividad 2.1. organización de parcelamiento para la siembra de semillas de maíz (*Zea mays*)

2.1.1 parcela # 1. Esta parcela tuvo una dimensión de 1 metro de ancho por 1.5 metros de largo para un total de 1.5 m², en esta parcela únicamente se estableció el cultivo de maíz (*Zea mays*) con 35 plantas en la parcela # 1. Siendo la parcela control.

2.1.2 parcela # 2. Esta parcela tuvo una dimensión de 1 metro de ancho por 1.5 metros de largo para un total de 1.5 m², donde se aplicó 30 kilogramos de potasio por hectárea y 650 kilogramos de compost por hectárea y del biológico 1 kilogramo por hectárea, se plantaron 35 plantas en la parcela # 2.

2.1.3 parcela # 3. Esta parcela tuvo una dimensión de 1 metro de ancho por 1.5 metros de largo para un total de 1.5 m², aplicamos 20 kilogramos de potasio por hectárea en esta parcela # 1, incorporamos 500 kilogramos del compost por hectárea, y del biológico incorporamos en el suelo 0,5 kilogramos por hectárea, se plantaron 35 plantas en la parcela # 3.

ETAPA 3: Evaluar la eficiencia de la interacción de la especie y las enmiendas en la recuperación del suelo contaminado por el plaguicida.

Actividad 3.1 Diferenciar el tamaño de las plantas de cada parcela, el grueso del tallo, peso de la mazorca, rendimiento por planta y parcela, tamaño del grano, y número de granos por mazorca.

Actividad 3.2 Se comparó el análisis del suelo al comienzo de los tratamientos con el análisis final después de la cosecha

Actividad 3.3 Se comparó el rendimiento de la parcela número uno (1) con la parcela número dos (2), teniendo en cuenta la parcela que sirve como testigo, y publicar los rendimientos para que los pequeños productores puedan también recuperar sus suelos contaminados.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

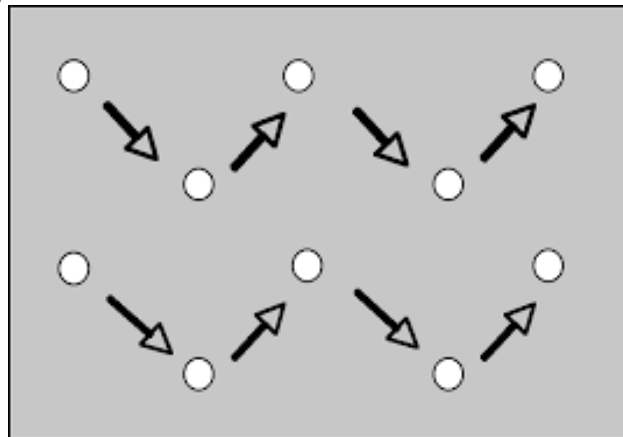
6.1 Identificación de las propiedades físicas (Humedad del suelo, filtración, textura, M.O, Densidad real y aparente, Porosidad, Conductividad) y químicas (Bases intercambiables, intercambio catiónico, Salinización, pH, determinación del fósforo, potasio y nitrógeno en el suelo)

6.1.1 Elección de los puntos estratégicos y toma de muestra

Para la toma y elección de los puntos de muestreo se siguieron las recomendaciones de la consultoría ICESI y Grupo de trabajo y producción sostenible, (2018), la cual establece que para que una muestra sea significativa se deben recoger mínimo 1kg de suelo de cada terreno definido con recorrido en zig-zag. Así las cosas, se tomaron 6 puntos de muestreo escogidos aleatoriamente, a distancias que recubrieron la totalidad del terreno, de esta manera se garantizó su representatividad.

Figura 3

Recorrido en zig-zag



Fuente: Ministerio de Agricultura, 2018

Para la toma de muestras se preparó el terreno de las antiguas instalaciones del colegio Antonio galo Lafaurie ubicadas en la carrera-, 1c #12a66, en el Municipio de Agustín Codazzi, Cesar.

Figura 4

Terreno del colegio Antonio galo Lafaurie



Fuente: Autores, 2022

Posteriormente se realizó el limpiado las malezas con ayuda de un rastrillo y machete para facilitar la extracción, siguiendo las recomendaciones del Instituto Geográfica Agustín Codazzi (2015), el cual se describe a continuación:

Se utilizó una pala, se abrió un hoyo de aproximadamente 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad, así mismo, se retiraron los 2 primeros centímetros del suelo y posteriormente se extrajo la muestra con una profundidad de 15cm aproximadamente, ya que, esta es el área de acción de las raíces.

Figura 5

Limpeza del terreno efectuado



Fuente: Autores, 2022

Posteriormente fueron mezcladas en un balde las submuestras formando una mezcla homogénea de 500 gramos, precisadas con el número de parcela, predio o lote, así como la caracterización que se iba a realizar en la muestra tomada, la cual fue mandada al laboratorio para realizar el análisis de suelo.

Figura 6

Toma de muestra de suelo



Fuente: Autores, 2022

6.1.2 Caracterización de las propiedades Físicas y químicas de las muestras de suelo

La muestra de suelo tomada con la finalidad de realizar la caracterización fisicoquímica, se trasladaron al laboratorio “HABITAT”, los cuales entregaron los primeros resultados. A continuación, en la tabla se presenta la caracterización fisicoquímica de la muestra de suelo.

Tabla 3

Análisis convencional del suelo

Descripción		Solido pardo rojizo			
física de la muestra					
Variable	Expresión/sigla	Resultado	Unidad	Rango medio	Técnica/procedimiento



pH	pH	6,73	Unidades de Ph	5,60	6,80	Pasta de saturación/ conductímetro/ USDA salinity Laboratory
Conductividad eléctrica	CE	0,38	dS/m	N.R	N. R	Pasta de saturación/ conductímetro/ USDA salinity Laboratory
Capacidad de intercambio catiónico	CICE	11,5	Meq/100 gramos	N. R	N.R	Cálculo
Saturación de humedad media	N. A	17,9	%	20,0	40,0	Pasta de saturación/ gravimétrico/ USDA salinity Laboratory
carbono Orgánico Oxidable	COOx	1,68	%	2,00	4,00	Pasta de saturación/ gravimétrico/ USDA salinity Laboratory
Materia orgánica	MO	2,90	%	N. R	N. R	Cálculo
Nitrógeno total	Ntotal	0,140	%	N. R	N. R	Cálculo
Densidad aparente	d.a	1,37	g/ cm ³	N. R	N. R	Cálculo



Fuente: Laboratorio Hábitat, 2022

Para el caso de la saturación de humedad, se observa que la muestra está por debajo del rango medio, en un 3% del rango óptimo, por lo que será necesario humedecer la muestra antes de realizar la siembra.

En cuanto al carbono orgánico total, se observó que, este se presenta por el rango bajo del óptimo, en un 0,32%. El carbono orgánico es esencial para la actividad biológica del suelo (Aguilera, 1999). Proporciona recursos energéticos a los organismos del suelo (OS), mayoritariamente heterótrofos, en forma de carbono lábil (hidratos de carbono o compuestos orgánicos de bajo peso molecular) (Borie et al., 1999).

Tabla 4

Determinación de la textura

Variable	Expresión/sigla	Resultado	Unidad	Técnica o método usado
Arcilla	Tex	24,0	%	Análisis directo / método de Bouyoucos
Arena	Tex	62,0	%	Análisis directo / método de Bouyoucos
Limo	Tex	14,0	%	Análisis directo / método de Bouyoucos
Textura	Tex	Franco arcilloso	Adimensional	Análisis directo / método de Bouyoucos

Fuente: Laboratorio Hábitat, 2022

Los suelos franco-arcillosos son suelos de tipo pesado con relaciones de arena. Limo-arcilla (%) de 35-30-35. Según (Martínez, 2015), es el que tiene más arcilla de lo que se considera óptimo. La textura es algo más suave que la del franco-arenoso, pero se



diferencia de él por el color que es más oscuro, y por poder moldearlo. También deja residuos en las manos, aunque nada que el agua no quite con rapidez.

Tabla 5

Análisis convencional del suelo

Variable	Expresión/sigla	Resultado (mg/ kg)	Resultado (meq/ 100g)	Rango medio		Técnica/ procedimiento
Potasio intercambiable	K	73,4	0,188	NR	NR	Sln. Acetato de Amonio / ICP-OES / NTC 5349 - Método interno
Calcio intercambiable	Ca	1890	9,44	3,00	6,00	Sln. Acetato de Amonio / ICP-OES / NTC 5349 - Método interno
Magnesio intercambiable	Mg	208	1,71	1,50	3,00	Sln. Acetato de Amonio / ICP-OES / NTC 5349 - Método interno
Sodio intercambiable	Na	39,1	0,170	0,04	0,48	Sln. Acetato de Amonio / ICP-OES / NTC 5349 - Método interno
Acidez intercambiable	Ac. Inter	No aplica	No aplica	0,20	0,40	Sln. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263
Hierro	Fe	54,8	N. A	20	100	Sln. Ácida Mehlich I / ICP-OES / NTC



							5526-Método interno
							Sln. Ácida Mehlich I / ICP- OES / NTC
Manganeso	Mn	44,7	N. A	10,0	50,0		5526-Método interno
							Sln. Ácida Mehlich I / ICP- OES / NTC
Cobre	Cu	2,94	N. A	1,25	2,50		5526-Método interno
							Sln. Ácida Mehlich I / ICP- OES / NTC
Zinc	Zn	4,10	N. A	2,00	5,00		5526-Método interno
							Sln. Fosfato Monobásico de Calcio / Colorimétrico /Método interno
Boro	Br	0,944	N. A	0,50	1,00		Sln. Bray II / Colorimétrico / NTC 5350
Fosforo	P	63,9	N. A	15,0	30,0		Sln. Fosfato Monobásico de Calcio /
Azufre	S	9,36	N. A	30,0	60,0		

Turbidimétrico /
Método interno

Fuente: Laboratorio Hábitat, 2022

Se logró evidenciar que el calcio intercambiable se presenta en exceso en el suelo, según (Martínez, 2015), el exceso de este es perjudicial ya que frena el crecimiento y provoca el oscurecimiento de la planta. Además puede ser responsable de deficiencias de boro, manganeso, cinc, magnesio o, a veces, también de cobre.

En el caso del cobre y el fósforo, se evidenció un exceso de ambos en el suelo. El cobre en exceso puede afectar el desarrollo de la raíz; este quemará sus puntas provocándole un crecimiento lateral excesivo. En la planta, los altos niveles de cobre pueden competir con la absorción de hierro y, en ocasiones, de molibdeno o zinc (Martínez, 2015). Por otra parte, un exceso de fósforo no beneficia las plantas y aumenta la pérdida de fósforo. El fósforo aplicado a la superficie del suelo corre mayor riesgo de ser arrastrado por las aguas de escorrentía que el fósforo incorporado.

Por último, el azufre se presenta en deficiencia en el suelo, según (Perez, 2019), la deficiencia de azufre en suelos está relacionada a baja productividad, mayor susceptibilidad a plagas, menor resistencia a sequía, frío y salinidad.

Tabla 6

Relaciones matemáticas

Variable	Expresión/ Sigla	Resultado	Unidad	Extractante/Técnica/ Referencia
Saturación de magnesio	Sat. Mg	14,9	%	Cálculo
Saturación de sodio	Sat. Na	1,48	%	Cálculo
Saturación de aluminio	Sat. Al	No aplica	%	Cálculo
Saturación de potasio	Sat. K	1,63	%	Cálculo



Saturación de calcio	Sat. Ca	82,1	%	Cálculo
Relación calcio/ Magnesio	Ca/ Mg	5,52	Adimensional	Relación matemática
Relación calcio/ Potasio	Ca/ K	50,2	Adimensional	Relación matemática
Relación Magnesio/ Potasio	Mg/ K	9,10	Adimensional	Relación matemática
Relación (Ca+Mg) /K	(Ca+Mg) /K	59,3	Adimensional	Relación matemática

Fuente: Laboratorio Hábitat, 2022

Para las relaciones catiónicas se observó que la saturación de calcio presentó un exceso en el suelo, y en el caso del potasio, se evidenció un déficit. Este valor es un indicador de la capacidad del suelo para retener e intercambiar nutrientes (calcio, magnesio, sodio y potasio principalmente), ya que estos que tienen una carga positiva, se fijan en las arcillas y materia orgánica, que tienen carga negativa. Por lo tanto el análisis de la CIC en suelos es el valor total de cationes que pueden ser retenidos.

6.2 Análisis de la interacción de los suelos contaminados por el plaguicida mediante la aplicación de la especie maíz y enmiendas orgánicas (compost, entre otros).

6.2.1 Organización de parcelamiento para la siembra de semillas de maíz (*Zea mays*)

6.2.1.1 Densidad de siembra

Para el establecimiento del diseño de parcelamiento, se tomó como base la guía metodológica del SENA (2018): Trazado para la siembra. Se escogió la siembra en cuadrado, siendo esta la más recomendada de acuerdo con la topografía de los parcelamientos realizados.

Debido a la división del terreno, se tuvo en cuenta su tamaño, y se establecieron un total de 35 semillas de maíz por parcela, en el caso de las distancias, se establecieron de



10 centímetros entre especie y especie, para garantizar el crecimiento y adaptación adecuada de las raíces de las plántulas.

La tabla a continuación describe el parcelamiento y las características seleccionadas para cada una de estas.

Tabla 7

Parcelamiento realizado

N. de parcela	Dimensiones	Siembra realizada	Descripción
1	1 metro de ancho por 1.5 metros de largo para un total de 1.5 m ² ,	35 semillas de maíz	<ul style="list-style-type: none">• No se aplicó ningún aditivo, parcela únicamente se estableció el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>), como parcela control.
2	1 metro de ancho por 1.5 metros de largo para un total de 1.5 m ²	35 semillas de maíz	<ul style="list-style-type: none">• Se aplicó 30 kilogramos de potasio por hectárea• 650 kilogramos de compost por hectárea• Se aplicó del biológico 1 litro por hectárea
3	1 metro de ancho por 1.5 metros de largo para un total de 1.5 m ²	35 plantas de maíz	<ul style="list-style-type: none">• Se aplicó 20 kilogramos de potasio por hectárea• 500 kilogramos de compost por hectárea• 0,5 de biológico por ha

Fuente: Autores, 2022

Para el establecimiento del terreno para la siembra, se realizó un montaje del parcelamiento en madera, con 3 divisiones, en la que, se tomó una como parcela control.

Figura 7

Montaje de parcelamiento



Fuente: Autores, 2022

Como se mencionó con anterioridad, cada parcelamiento se realizó con la siembra de 35 semillas de maíz. Esta planta fue seleccionada debido a que, en gran variedad de investigaciones esta planta se evidencia como una planta muy exigente que se ve afectada ante cualquier desbalance nutricional, hídrico o de otro tipo, que determinará efectos negativos en la producción, por ende, su papel como agente de fitorremediación se hace fundamental.

Según Munive, et. Al (2018), en su investigación: *Fitorremediación con Maíz (Zea mays L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados*, se menciona que la especie posee un alto potencial de rendimiento y efectividad para enfrentarse a condiciones adversas que presentan los cultivos con cualquier tipo de contaminación. Por otra parte, se evidenció que la plántula de maíz permitió un rápido crecimiento en los terrenos que fueron empleados, siendo esta una opción viable por su agilidad para crecer en suelos degradados.

6.2.1.2 Obtención del compost

Como se mencionó a cada parcelamiento se le añadió una cantidad específica de compost, el cual se obtuvo de la recolección de boñiga de vaca, provenientes de 2 casa

campos de la ciudad de Valledupar, el cual es usado ampliamente como abono en la agricultura. Se logró recolectar 2 bultos de abono.

Figura 8

Abono orgánico (boñiga de vaca)



Fuente: Autores, 2022

6.2.1.3 Uso de biológico en el suelo

En el caso del biológico, se preparó un jugo orgánico para la estimulación de las propiedades del suelo, este se realizó por medio del licuado de residuos naturales como las cascarras de plátano, frijol cabecita negra, etc. A continuación se relaciona la cantidad de residuos usados en la elaboración del jugo biológico.

Tabla 8

Residuos orgánicos para elaboración del jugo biológico

Residuo usado	Cantidad aproximada
Frijol cabecita negra	1 libra
Cascarras de guineo verde	30 unidades
Cal orgánica	100 gramos

Fuente: Autores, 2022

Por último, se realizó el licuado de los residuos y se obtuvo el jugo biológico con un total de 1 litro.

Figura 9

Jugo biológico obtenido



Fuente: Autores, 2022

6.3 Evaluación de la eficiencia de la interacción de la especie y las enmiendas en la recuperación del suelo contaminado por el plaguicida.

6.3.1 Diferencias en el tamaño de las plantas de cada parcela, el grueso del tallo, peso de la mazorca, rendimiento por planta y parcela, tamaño del grano, y número de granos por mazorca.

Para dar cumplimiento a la actividad, en primer lugar se realizó la siembra de las especies en las parcelas seleccionadas. A continuación, se detalla el procedimiento realizado.

6.3.1.1 Siembra de la especie (*Zea mays L.*) en las parcelas seleccionadas.

6.3.1.1.1 Preparación del terreno

Antes de realizar la siembra de la especie de maíz en los parcelamientos antes mencionados, se preparó el terreno mediante una labranza manual, el procedimiento usado para esto se describe a continuación:

1. Se realizó una limpieza de las malezas o hierbas malas y de las piedras de gran tamaño que posee el terreno. Para garantizar esta tarea, se humedeció el terreno con 1 litro de agua, de esta manera se facilitó el desprendimiento de

estas desde la raíz. Para el caso de la limpieza de piedras, se observó donde se encontraban aglomerados y con ayuda de un rastrillo y limpieza manual, se retiraron las de gran tamaño.

2. Se realizó la remoción de la tierra entre 20 a 25 centímetros, según las recomendaciones de Munive, et. Al (2018), en su investigación: *Fitorremediación con Maíz (Zea mays L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados*, para garantizar la aireación de la tierra, ya que, los cultivos sólo pueden desarrollarse bien en un ambiente de buena aireación, donde la concentración de anhídrido carbónico alrededor de sus raíces es baja y la del oxígeno es alta.
3. Como última medida, se realizó el allanamiento de la tierra, lo que permitió eliminar la tierra que se encontraba compactaba y dificultaba la siembra de las especies.

Figura 10

Preparación de los parcelamientos



Fuente: Autores, 2022

6.3.1.1.2 Siembra de la especie (*Zea mays L.*) en las parcelas seleccionadas.

Para realizar la siembra del maíz, se posicionaron las parcelas de madera en cada terreno, se aplicó el compost en la cantidad establecida para cada parcela y el biológico: En la parcela 1 se aplicó 20 kilogramos de potasio por hectárea, 500 kilogramos de compost por hectárea y 0,5 de biológico por ha. En la parcela 2, Se aplicó 30 kilogramos de potasio por hectárea, 650 kilogramos de compost por ha y se aplicó del biológico 1 kilogramo. Para el caso de la parcela 3, esta fue en blanco, como parcela control.

Por último, se realizaron los 35 hoyos con la finalidad de introducir las semillas de la especie.

Figura 11

Siembra de la semilla de maíz en las parcelas



Fuente: Autores, 2022

6.3.1.2 Seguimiento a la siembra de la especie (*Zea mays L.*) en las parcelas seleccionadas.

Para realizar el seguimiento de la siembra en los tres parcelamientos, se realizó la siembra de la especie del maíz con la adición del compost y el jugo biológico en las

cantidades establecidas con anterioridad, teniendo en cuenta algunos parámetros para el seguimiento del cultivo, tales como crecimiento, aspecto, tamaño, color.

La siembra se estableció el 19 de noviembre del 2021, y finalizó el 19 de febrero de 2022, con un crecimiento de exactamente 3 meses. Según Munive, et. Al (2018), en su investigación: *Fitorremediación con Maíz (Zea mays L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados*, con tres meses de siembra serían suficientes para ver el crecimiento de las plántulas de maíz, puesto que, los autores establecieron la siembra en 6 meses, empezaron a ver resultados rápidamente en crecimiento, por ende, recomendó un mínimo de tres meses, tiempo que se realizó en el tiempo mencionado.




La tabla a continuación permite evidenciar seguimiento por fechas de la adaptación de siembra en cada parcelamiento.

Para la evaluación de cada parámetro se siguió las recomendaciones de Munive, et. Al (2018), en su investigación: *Fitorremediación con Maíz (Zea mays L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados*, quien establece parámetros de referencia cualitativos para cada variable: tamaño, hojas, color, etc.



Tabla 9




Seguimiento al parcelamiento fecha 28 de noviembre de 2021

Parámetro/ Parcela	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Apariencia de las hojas y tallos	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.
Color	Se observa color verde vivo	Se observa color verde vivo	Se observa color verde vivo
Crecimiento y tamaño	La plántula creció aproximadamente 5 cm, con un crecimiento rápido, puesto que, pasado 10 días, ya se observaban las hojas.	La plántula creció aproximadamente 8 cm, con un crecimiento rápido, puesto que, pasado 10 días, ya se observaban las hojas.	La plántula creció aproximadamente 5 cm, con un crecimiento rápido, puesto que, pasado 10 días, ya se observaban las hojas.
Imagen			

Fuente: Autores, 2022

Tabla 10

Seguimiento al parcelamiento fecha 9 de diciembre de 2021




Parámetro/ Parcela	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Apariencia de las hojas y tallos	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.
Color	Se observa color verde vivo	Se observa color verde vivo	Se observa color verde vivo
Crecimiento y tamaño	La plántula creció con desigualdades, algunas plántulas de 10cm, otras de 5cm.	La plántula creció aproximadamente 13 cm, con un crecimiento rápido.	La plántula creció aproximadamente 10,5 cm, con un crecimiento rápido.
Imagen			

Fuente: Autores, 2022






Tabla 11

Seguimiento al parcelamiento fecha 12 de diciembre de 2021

Parámetro/ Parcela	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Apariencia de las hojas y tallos	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.
Color	Se observa color verde vivo	Se observa color verde vivo	Se observa color verde vivo
Crecimiento y tamaño	La plántula creció con desigualdades, algunas de 11cm, otras de 8cm.	La plántula creció aproximadamente 16 cm, con un crecimiento rápido.	La plántula creció aproximadamente 11 cm, con un crecimiento rápido.
Imagen			

Fuente: Autores, 2022




Seguimiento al parcelamiento fecha 21 de diciembre de 2021

Parámetro/ Parcela	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Apariencia de las hojas y tallos	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.
Color	Se observa color verde vivo	Se observa color verde vivo	Se observa color verde vivo
Crecimiento y tamaño	La plántula creció con desigualdades, algunas de 12cm, otras de 9cm.	La plántula creció aproximadamente 18 cm, con un crecimiento rápido.	La plántula creció aproximadamente 15 cm, con un crecimiento rápido.
Imagen			

Fuente: Autores, 2022

Tabla 13




Seguimiento al parcelamiento fecha 9 de enero de 2022

Parámetro/ Parcela	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Apariencia de las hojas y tallos	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.
Color	Se observa color verde vivo	Se observa color verde vivo	Se observa color verde vivo
Crecimiento y tamaño	La plántula creció con desigualdades, algunas de 15cm, otras de 9cm.	La plántula creció aproximadamente 20 cm, con un crecimiento rápido.	La plántula creció aproximadamente 16 cm, con un crecimiento rápido.
Imagen			 9:39 a. m.

Fuente: Autores, 2022

Tabla 14




Seguimiento al parcelamiento fecha 26 de enero de 2022

Parámetro/ Parcela	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Apariencia de las hojas y tallos	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.
Color	Se observa color verde vivo	Se observa color verde vivo	Se observa color verde vivo
Crecimiento y tamaño	La plántula creció con desigualdades, algunas de 16cm, otras de 10cm.	La plántula creció de aproximadamente 25 cm, con un crecimiento rápido.	La plántula creció de aproximadamente 22 cm, con un crecimiento rápido.
Imagen			

Fuente: Autores, 2022

Tabla 15




Seguimiento al parcelamiento fecha 6 de febrero de 2022

Parámetro/ Parcela	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Apariencia de las hojas y tallos	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.	Las hojas se observaron lisas sin variaciones en su textura.
Color	Se observa color verde vivo	Se observa color verde vivo	Se observa color verde vivo
Crecimiento y tamaño	La plántula creció con desigualdades, algunas de 18cm, otras de 11cm.	La plántula creció de aproximadamente 27 cm, con un crecimiento rápido.	La plántula creció de aproximadamente 26 cm, con un crecimiento rápido.
Imagen			

Fuente: Autores, 2022

Tabla 16

Seguimiento de los frutos de las parcelas

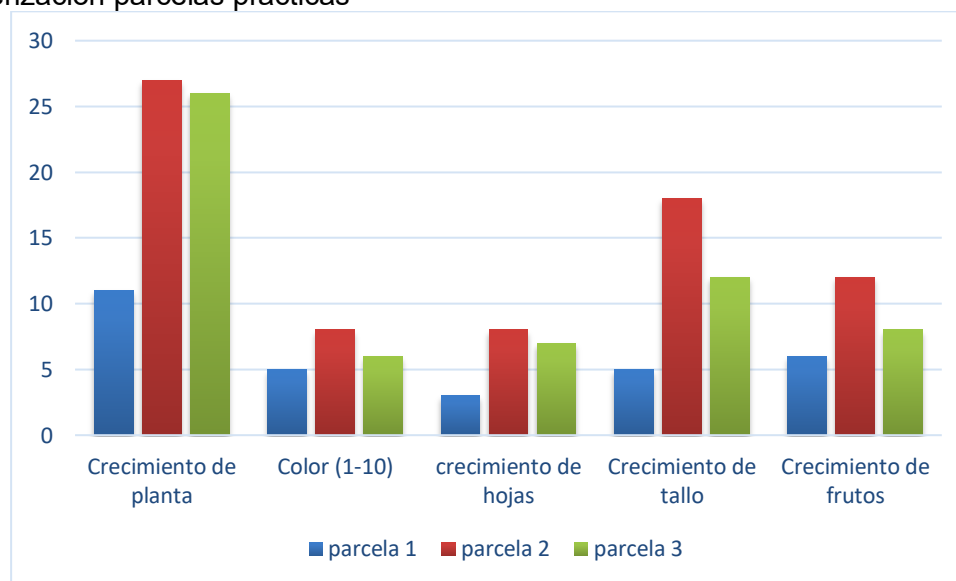
Parámetro/ Parcela	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Apariencia de los frutos	Los frutos se observan delgados y débiles, además, presentan daños en sus hojas.	Se observaron fuertes, aunque presentaron manchas de color negro.	Se observaron débiles, con daños en sus hojas y enfermos.
Color	Se observa color amarillo	Se observa color amarillo verdoso	Se observa color amarillo
Crecimiento y tamaño	Los frutos crecieron aproximadamente 10cm, aunque se observan otros de menor tamaño	Los frutos crecieron aproximadamente 12cm, aunque algunos presentaron 5cm.	Los frutos crecieron aproximadamente 5cm cada uno.
Imagen			

Fuente: Autores, 2022

Conforme a la tabla anterior, se logró evidenciar que, de los tres parcelamientos, el parcelamiento número 1, la cual fue control, mostró un crecimiento desigual entre sus plántulas, algunas alcanzaron tamaños de 18 centímetros aproximadamente, y otras de 11 centímetros. En el caso del parcelamiento número 2, este presentó el mayor crecimiento de los tres, con un aproximado de 27 centímetros, recordando que, para este, se aplicaron 30 kilogramos de potasio, 650 kilogramos de compost y un litro de jugo biológico por hectárea. En el caso de la parcela 3, a la cual se le aplicó 20 kilogramos de potasio, 500 kilogramos de compost y 0,5 L de biológico, presentó un crecimiento uniforme que la con un aproximado de 26 cm. Para el caso del color de las hojas, en los tres parcelamientos se observó un color verde vivo, y no se presentaron deformaciones en las texturas.

Figura 12

Caracterización parcelas practicas



Fuente: Autores, 2022

La gráfica anterior permite conocer el crecimiento promedio de diversas características de las tres parcelas con cada tratamiento establecido, entre estos se observa el crecimiento general o total de la planta, con resultados en centímetros, el color con una calificación cualitativa de 1 a 10, siendo 10, un color vivo y 1 el color más opaco, el crecimiento de las hojas, del tallo y de los frutos de cada uno de estos. En el caso de los frutos, estos presentaron diversidad de tamaños, sin embargo, la parcela número 2



evidenció un mayor número de frutos en mejores condiciones de color, y firmeza que las demás, con un aproximado de 12 cm de largo. Para el caso de la parcela número 1, esta mostró los frutos más débiles y pequeños que las otras. Por lo que se logra deducir que la parcela número 2 evidenció las mejores condiciones de siembra que las otras.

6.3.2 Análisis fisicoquímicos después de los tratamientos

6.3.2.1 Resultados de los Análisis fisicoquímicos después de los tratamientos

Una vez realizada la siembra, se procedió a trasladar las muestras de suelo al laboratorio HABITAT, para realizar los análisis fisicoquímicos posteriores y poder ser correlacionados con los anteriores. La toma de muestras de suelo se realizó nuevamente siguiendo el mismo procedimiento de las muestras antes de ser sometidas a los tratamientos. La tabla a continuación permite evidenciar los resultados obtenidos.

Tabla 17

Resultados fisicoquímicos después del tratamiento

Descripción		Sólido pardo oscuro				Técnica/ procedimiento
física de la muestra		Resultado	Unidad	Rango medio		
Variable	Expresión/sigla					
pH	pH	7,31	Unidades de pH	5,60 6,80		Pasta de saturación/ conductímetro/ USDA salinity Laboratory
Conductividad eléctrica	CE	2,47	dS/m	N.R	N. R	Pasta de saturación/ conductímetro/ USDA salinity Laboratory



Capacidad de intercambio catiónico	CICE	18	Meq/100 gramos	N. R	N.R	Cálculo
Saturación de humedad media	N. A	18,6	%	20,0	40,0	Pasta de saturación/ gravimétrico/ USDA salinity Laboratory
carbono Orgánico Oxidable	COOx	1,8	%	2,00	4,00	Pasta de saturación/ gravimétrico/ USDA salinity Laboratory
Materia orgánica	MO	3,10	%	N. R	N. R	Cálculo
Nitrógeno total	Ntotal	0,150	%	N. R	N. R	Cálculo
Densidad aparente	d.a	1,34	g/ cm ³	N. R	N. R	Cálculo

Fuente: Laboratorio Hábitat, 2022

Se puede evidenciar que, en el caso del pH este supera el rango medio en 7,31, sin embargo, se mantiene neutro. El pH del suelo es una de las muchas condiciones ambientales que afectan la calidad del crecimiento de la planta. El pH ideal varía dependiendo de la planta. Plantas como "azaleas", "rhododendrons", arándanos y coníferas crecen mejor en suelos ácidos (pH 5.0 a 5.5). Otros tipos de plantas como la mayoría de los vegetales, céspedes y ornamentales crecen muy bien en suelos moderadamente ácidos (pH 5.8 a 6.5). Los suelos con valores de pH menor o mayor a estos rangos pueden resultar en crecimientos menos vigorosos y en deficiencias de nutrientes (Martínez, 2019).

En cuanto al carbono orgánico total, se observó que, este se presenta por el rango bajo del óptimo. El carbono orgánico es esencial para la actividad biológica del suelo



(Aguilera, 1999). Proporciona recursos energéticos a los organismos del suelo (OS), mayoritariamente heterótrofos, en forma de carbono lábil (hidratos de carbono o compuestos orgánicos de bajo peso molecular) (Borie et al., 1999).

Tabla 18

Determinación de la textura

Variable	Expresión/sigla	Resultado	Unidad	Técnica o método usado
Arcilla	Tex	26,0	%	Análisis directo / método de Bouyoucos
Arena	Tex	58,0	%	Análisis directo / método de Bouyoucos
Limo	Tex	16,0	%	Análisis directo / método de Bouyoucos
Textura	Tex	Franco arcilloso arenoso	Adimensional	Análisis directo / método de Bouyoucos

Fuente: Laboratorio Hábitat, 2022

Se evidenció una textura franco arcilloso arenoso, es decir que este posee un 35-35-30% de agregados respectivamente. Según Martínez (2018), este tipo de suelo en su aspecto morfológico, el perfil edáfico es del tipo ACR o AR, superficial a muy superficial (menos de 50 cm de profundidad) y se caracteriza por un horizonte A₁ de 10 a 20 cm de espesor. Es de color pardo oscuro, de textura franco-arenosa a franco arcilloso arenosa, estructurado en gránulos moderadamente desarrollados, con graves angulares, expresados en un contenido promedio de 40%.

Tabla 19

Análisis convencional del suelo



Variable	Expresión/sigla	Resultado (mg/ kg)	Resultado (meq/ 100g)	Rango medio		Técnica/ procedimiento
Potasio intercambiable	K	680	0,188	NR	NR	Sln. Acetato de Amonio / ICP- OES / NTC 5349 - Método interno
Calcio intercambiable	Ca	2260	9,44	3,00	6,00	Sln. Acetato de Amonio / ICP- OES / NTC 5349 - Método interno
Magnesio intercambiable	Mg	308	1,71	1,50	3,00	Sln. Acetato de Amonio / ICP- OES / NTC 5349 - Método interno
Sodio intercambiable	Na	110	0,170	0,04	0,48	Sln. Acetato de Amonio / ICP- OES / NTC 5349 - Método interno
Acidez intercambiable	Ac. Inter	No aplica	No aplica	0,20	0,40	Sln. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263
Hierro	Fe	37,1	N. A	20	100	Sln. Ácida Mehlich I / ICP- OES / NTC 5526-Método interno
Manganeso	Mn	75,7	N. A	10,0	50,0	Sln. Ácida Mehlich I / ICP-



							OES / NTC 5526-Método interno
Cobre	Cu	14,2	N. A	1,25	2,50	Sln. Ácida Mehlich I / ICP-	OES / NTC 5526-Método interno
Zinc	Zn	33,4	N. A	2,00	5,00	Sln. Ácida Mehlich I / ICP-	OES / NTC 5526-Método interno
Boro	Br	1,10	N. A	0,50	1,00	Sln. Fosfato Monobásico de Calcio / Colorimétrico /Método interno	
Fosforo	P	41,1	N. A	15,0	30,0	Sln. Bray II / Colorimétrico / NTC 5350	
Azufre	S	37,7	N. A	30,0	60,0	Sln. Fosfato Monobásico de Calcio / Turbidimétrico / Método interno	

Fuente: Laboratorio Hábitat, 2022

Se logró evidenciar que el calcio, magnesio y sodio intercambiable se presentan en exceso en el suelo, según (Martínez, 2015), el exceso de este es perjudicial ya que frena el

crecimiento y provoca el oscurecimiento de la planta. Además puede ser responsable de deficiencias de boro, manganeso, cinc, magnesio o, a veces, también de cobre.

Se observó que los elementos como el Manganeso, Cobre, Zinc, Boro, y fosforo presentaron un aumento y se encuentran en exceso en el suelo, lo que podría significar el crecimiento un poco desigual de las plántulas en la parcela 1. Según (Martínez, 2015), consecuencia a un exceso de nutrientes en las plantas, estas mostrarán síntomas como hojas más amarillas, un crecimiento más lento, o incluso pueden llegar a morir, ya que al estar las raíces bloqueadas, no estarán absorbiendo los nutrientes necesarios.

El mayor impacto que los pH extremos pueden tener en la planta es relacionado a la disponibilidad de los nutrientes o la concentración de minerales tóxicos para las plantas. En suelos bien ácidos, los nutrientes como aluminio y manganeso se hacen más disponible y toxico de lo usual. También, en suelos con un pH bajo los nutrientes como el calcio, fosforo y magnesio se hacen menos disponible para la planta. Cuando los valores de pH son mayor o igual a 6.5, los nutrientes como fosforo y la mayoría de los micronutrientes se hacen menos disponible (Martínez, 2015).

Tabla 20

Relaciones matemáticas

Variable	Expresión/ Sigla	Resultado	Unidad	Extractante/Técnica/ Referencia
Saturación de magnesio	Sat. Mg	14,1	%	Cálculo
Saturación de sodio	Sat. Na	2,65	%	Cálculo
Saturación de aluminio	Sat. Al	No aplica	%	Cálculo
Saturación de potasio	Sat. K	9,67	%	Cálculo
Saturación de calcio	Sat. Ca	73,9	%	Cálculo

Relación calcio/ Magnesio	Ca/ Mg	5,26	Adimensional	Relación matemática
Relación calcio/ Potasio	Ca/ K	7,64	Adimensional	Relación matemática
Relación Magnesio/ Potasio	Mg/ K	1,45	Adimensional	Relación matemática
Relación (Ca+Mg) /K	(Ca+Mg) /K	9,10	Adimensional	Relación matemática

Fuente: Laboratorio Hábitat, 2022

Para las relaciones catiónicas se observó que la saturación de calcio presentó un exceso en el suelo, y en el caso del potasio, se evidenció un déficit. Este valor es un indicador de la capacidad del suelo para retener e intercambiar nutrientes (calcio, magnesio, sodio y potasio principalmente), ya que estos que tienen una carga positiva, se fijan en las arcillas y materia orgánica, que tienen carga negativa. Por lo tanto el análisis de la CIC en suelos es el valor total de cationes que pueden ser retenidos.

El pH, como se mencionó anteriormente, es un indicador de la disponibilidad de los nutrientes en la solución del suelo. La presencia de iones de aluminio (Al^{3+} , $Al(OH_2^+)$), hidrogeno (H^+) e hidroxilo (OH^-) son determinantes en la solubilidad de los nutrientes en el suelo como son fosfatos, sulfatos, molibdatos, hierro, manganeso, cobre o zinc. Sin embargo, también pueden ser indicadores de la escasez de las formas disponibles de calcio, magnesio, potasio o sodio en el mismo suelo. Cuando el pH tiene un valor mayor a 6.5 la abundancia de iones OH^- produce la precipitación de compuestos insolubles de hierro, manganeso, cobre y zinc, que no son asimilados por las raíces de las plantas. En suelos con pH por debajo de 6.5 la presencia de iones de aluminio afecta la solubilidad y disponibilidad de fosfato, sulfato y molibdato. De igual forma, con pH ácido en el suelo se restringe la nitrificación y la descomposición de la materia orgánica. La solubilidad del

fosfato también se ve afectada por un pH mayor a 6.5 debido especialmente a la concentración elevada de calcio, con el cual se forman compuestos (Pérez, 2017).

6.3.2.2 Comparación entre los resultados fisicoquímicos antes y después de los tratamientos b

A continuación la tabla resume la comparación realizada entre los dos resultados obtenidos, antes y después de los tratamientos.

Tabla 21

Comparación de resultados

Variable	Unidad	Resultado antes del tratamiento	Resultado después del tratamiento	Observación y/o cambio en el resultado
pH	Unidades de pH	6,73	7,31	Aumentó
Conductividad eléctrica	dS/m	0,38	2,47	Aumentó
Capacidad de intercambio catiónico	Meq/100 gramos	11,5	18	Aumentó
Saturación de humedad media	%	17,9	18,6	Aumentó
carbono Orgánico Oxidable	%	1,68	1,8	Aumentó
Materia orgánica	%	2,90	3,10	Aumentó
Nitrógeno total	%	0,140	0,150	Aumentó
Densidad aparente	g/ cm ³	1,37	1,34	Disminuyó

Textura	Adimensional	Franco arcilloso	Franco arcilloso arenoso	Cambio en las proporciones de granos
Potasio intercambiable	(meq/ 100g)	0,188	0,188	Permaneció igual
Calcio intercambiable	(meq/ 100g)	9,44	9,44	Permaneció igual
Magnesio intercambiable	(meq/ 100g)	1,71	1,71	Permaneció igual
Sodio intercambiable	(meq/ 100g)	0,170	0,170	Permaneció igual
Hierro	(mg/ kg)	54,8	37,1	Disminuyó
Manganeso	(mg/ kg)	44,7	75,7	Aumentó
Cobre	(mg/ kg)	2,94	14,2	Aumentó
Zinc	(mg/ kg)	4,10	33,4	Aumentó
Boro	(mg/ kg)	0,944	1,10	Aumentó
Fosforo	(mg/ kg)	63,9	41,1	Disminuyó
Azufre	(mg/ kg)	9,36	37,7	Aumentó
Saturación de magnesio	%	14,9	14,1	Disminuyó
Saturación de sodio	%	1,48	2,65	Aumentó
Saturación de aluminio	%	No aplica	No aplica	No aplica
Saturación de potasio	%	1,63	9,67	Aumentó
Saturación de calcio	%	82,1	73,9	Disminuyó



Relación calcio/ Magnesio	Adimensional	5,52	5,26	Disminuyó
Relación calcio/ Potasio	Adimensional	50,2	7,64	Disminuyó
Relación Magnesio/ Potasio	Adimensional	9,10	1,45	Disminuyó
Relación (Ca+Mg) /K	Adimensional	59,3	9,10	Disminuyó

Fuente: Autores, 2022

Con relación a los resultados de la tabla anterior, se evidenció que la mayoría de los parámetros evaluados presentó un cambio en los resultados antes y después del tratamiento, en el caso del pH este presentó un aumento ligero, sin embargo se mantuvo en neutro. El pH es un parámetro que permite conocer que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, dicho que la solución del suelo es donde las raíces de las plantas toman los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo. La escala de medición del pH está entre los valores de 0.0 a 14.0. El pH también es un indicador de múltiples propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo que influyen fuertemente sobre la disponibilidad de los nutrientes esenciales para las plantas (Intagri, 2022). Cuando el pH tiene un valor mayor a 6.5 la abundancia de iones OH⁻ produce la precipitación de compuestos insolubles de hierro, manganeso, cobre y zinc, que no son asimilados por las raíces de las plantas.

Existen cuatro intervalos de pH que permiten tener una idea clara sobre lo que ocurre en el suelo: 1) pH menor a 4.0 indica la presencia de ácidos libres como producto de la oxidación de sulfuros, 2) valores por debajo de 5.5 sugiere la presencia de aluminio intercambiable y/o exceso de manganeso, 3) pH entre 7.3 a 8.4 señala la posibilidad de tener carbonato de calcio (CaCO₃), y 4) pH mayor a 8.2 la posible presencia de concentraciones elevadas de sodio intercambiable. El rango de pH del suelo que de forma general se considera el más adecuado por la razonable disponibilidad que muestran los nutrientes esenciales para las plantas es aquél que va de 6.0 a 6.5. Sin embargo, otros



autores incluso manejan un rango más amplio que va de 5.5 a 7.0. El caso de suelos andosoles es muy particular, ya que a pesar de tener el pH dentro del rango, considerado adecuado, se presentan problemas con altos niveles de aluminio y baja disponibilidad de fósforo. El incremento o decremento del valor de pH en el suelo depende de distintos factores como son: 1) alcalinidad del agua de riego, 2) enmiendas orgánicas (composta, abonos, etc.) o minerales (yeso, cal agrícola o azufre), 3) acidificación por las raíces, 4) uso de fertilizantes de reacción ácida o alcalina, y 5) precipitación (Castellanos, 2020).

Es conveniente que el pH del suelo no sea menor 6.0. Sin embargo, suelos con pH menor a 6.0 pero sin llegar a 5.5 aún se consideran de moderada a ligeramente ácidos y no se considera necesario el encalado. Por otra parte, pH entre 6.5 a 7.5 no presentan problemas generales de manejo, excepto por aquellos que tienen cantidades apreciables de bicarbonato de sodio en la solución del suelo, en cuyo caso pueden presentarse problemas de disponibilidad de hierro. A medida que incrementa el pH, la disponibilidad de zinc, hierro, cobre, y manganeso se reduce (Castellanos, 2020).

En el caso de la conductividad eléctrica, este valor aumentó en comparación con el primer análisis, el dato que se arroja al medir la Conductividad Eléctrica indica la capacidad que tiene un suelo para conducir corriente eléctrica, esto al aprovechar las sales presentes del suelo para conducirla. Cuando un valor de CE es elevado, indicaría que el suelo contiene una concentración elevada de sales. La salinidad provoca que la disponibilidad del agua se vea disminuida para el cultivo sembrado, y los daños son similares a los que provoca una sequía. Los cultivos pueden presentar una serie de decoloraciones, una de ellas es el tono verdeazulado en las hojas. En general un aspecto de quemado de las hojas (PROAIN, 2022).

La materia orgánica en el suelo aumentó, esto debido a que la humedad del suelo es uno de los factores más importantes para la presencia de lombrices de tierra en el suelo. Al conservar la cobertura del suelo se reduce la evaporación y aumenta la materia orgánica en el suelo, lo cual a su vez permite conservar más agua (Munive, et, al. 2018). La fertilidad natural de un suelo está determinada en gran parte por la presencia de materia orgánica en este. La materia orgánica del suelo es el conjunto de residuos vegetales y animales de todas las clases, más o menos descompuestos y transformados por la acción de los



microorganismos. Los principales microorganismos que se encuentran son bacterias, hongos y algas. Bajo la acción de estos microorganismos los residuos se van descomponiendo y transformando más o menos lentamente, en compuestos orgánicos variados. La materia orgánica proporciona grandes beneficios a los suelos:

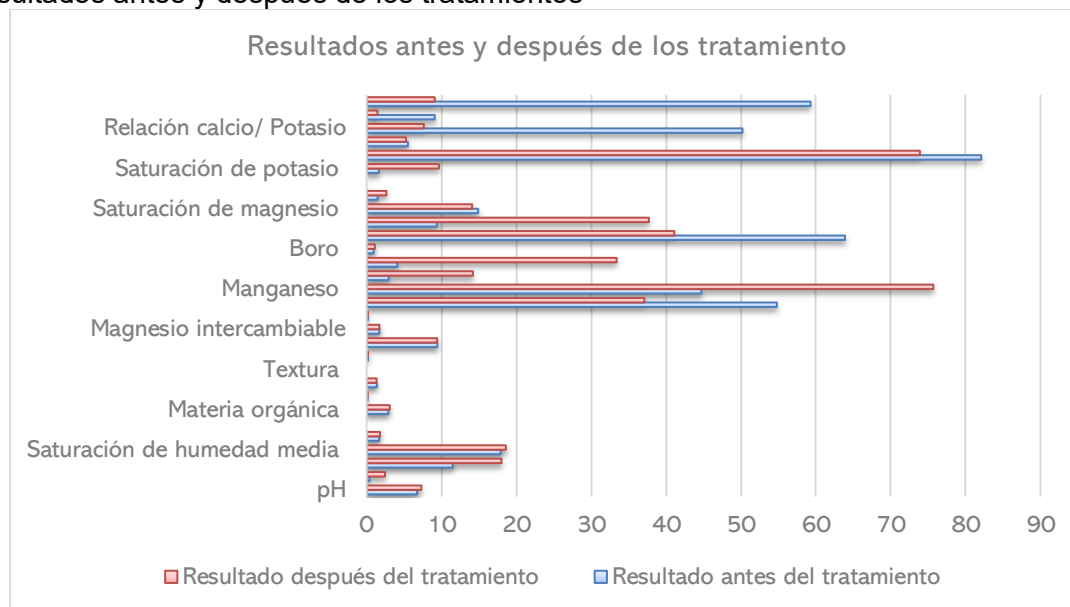
- Contribuye a que las partículas minerales individuales del suelo formen agregados estables, mejorando así la estructura del suelo y facilitando su laboreo.
- Favorece una buena porosidad, mejorando así la aireación y la penetración del agua.
- Aumenta la capacidad de retener agua.
- Por las razones anteriores, disminuye los riesgos de erosión.
- Proporciona partículas de tamaño coloidal con carga negativa (humus), que tiene alta capacidad de retener e intercambiar cationes nutritivos.
- Actúa como agente amortiguador al disminuir la tendencia a un cambio brusco del pH del suelo cuando se aplican sustancias de reacción ácida o alcalina.
- Hace posible la formación de complejos organometálicos, estabilizando así micronutrientes del suelo que de otro modo no serían aprovechables.
- Es una fuente de elementos nutritivos, que son aprovechables por las plantas después que la materia orgánica ha sido descompuesta por los microorganismos.

La densidad aparente disminuyó entre los resultados antes y después, Mediante la determinación de la densidad se puede obtener la porosidad total del suelo. Se refiere al peso por volumen del suelo. Existen dos tipos de densidad, real y aparente. La densidad real, de las partículas densas del suelo, varía con la proporción de elementos constituyendo el suelo y en general está alrededor de 2,65. Una densidad aparente alta indica un suelo compacto o tenor elevado de partículas granulares como la arena (FAO, 2018). Cuando la densidad aparente del suelo aumenta, se incrementa la compactación se afectan las condiciones de retención de humedad, limitando a su vez el crecimiento de las raíces. La DA es afectada por las partículas sólidas y por el espacio poroso, el cual a su vez está determinado principalmente por la materia orgánica del suelo - MO. A medida que aumenta la MO y el espacio poroso, disminuye la DA y viceversa. En suelos de textura fina la DA

varía entre 1 y 1,2g.cm-3, mientras que en suelos arenosos es mayor y puede variar entre 1,2 y 1,6g.cm-3 (FAO, 2018). La naturaleza, las dimensiones y el arreglo de las partículas del suelo, además de otros factores relacionados con su formación, también influyen sobre los valores de la DA (FAO, 2018).

Figura 13

Resultados antes y después de los tratamientos



Fuente: Autores, 2022

En la gráfica se observa la disminución de los microelementos como el boro y el fósforo en el suelo, lo que puede estar relacionado con el aumento significativo del pH en el suelo, la solubilidad del fósforo disminuye debido que reacciona con el calcio (Ca) formando compuestos insolubles o de baja solubilidad como los fosfatos de calcio (FAO, 2018).

Para las relaciones catiónicas se observó un déficit en comparación con los resultados antes de los tratamientos. Este valor es un indicador de la capacidad del suelo para retener e intercambiar nutrientes (calcio, magnesio, sodio y potasio principalmente), ya que estos que tienen una carga positiva, se fijan en las arcillas y materia orgánica, que tienen carga negativa. Por lo tanto el análisis de la CIC en suelos es el valor total de cationes que pueden ser retenidos (Munive, et, al. 2018).



Por último, otra de las variaciones significativas que se presentó fue la del carbono Orgánico del Suelo (COS), con un aumento después del tratamiento, lo que ocasiona que se mejoren las propiedades físicas del suelo, aumentando la capacidad de Intercambio Catiónico, la retención de humedad y contribuyendo con estabilidad de suelos arcillosos al ayudar a aglutinar las partículas para formar agregados. El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, ocupando un 69,8 % del C orgánico de la biosfera (FAO, 2001). El suelo puede actuar como fuente o reservorio de C dependiendo de su uso y manejo (Lal et al., 1990, Lal, 1997). Se estima que desde que se incorporan nuevos suelos a la agricultura hasta establecer sistemas intensivos de cultivo se producen pérdidas de COS que fluctúan entre 30 y 50% del nivel inicial (Reicosky, 2002). La pérdida de material húmico de los suelos cultivados es superior a la tasa de formación de humus de suelos no perturbados por lo que el suelo, bajo condiciones de cultivo convencionales, es una fuente de CO₂ para la atmósfera (Kern y Johnson, 1993, Gifford, 1994, y Reicosky, 2002). Existen prácticas agronómicas que favorecen la captura de C en el suelo (West y Post, 2002). La labranza de conservación (Lal, 1997), que incluye a la cero labranza (FAO, 2001), es un sistema de manejo de suelos que tiene una alta capacidad potencial para secuestrar C en el suelo (Rasmussen y Parton, 1994, Rosell, 1999). El carbono orgánico del suelo, COS, afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo vinculadas con su: 1) calidad (Carter, 2002, Wander et al., 2002), 2) sustentabilidad (Carter, 2002, Acevedo y Martínez, 2003) y 3) capacidad productiva (Sánchez et al., 2004, Bauer y Black, 1994) por lo que en un manejo sustentable, el COS debe mantenerse o aumentarse. Sin embargo, establecer una clara relación de dependencia entre el COS y la productividad del suelo es complejo (Moreno et al., 1999). Pese a la existencia de abundante literatura que documenta los efectos del COS sobre las propiedades del suelo que favorecen el desarrollo de los cultivos, existe poca información sobre la contribución directa de un aumento de COS en la productividad del suelo.

Con los resultados antes y después de los tratamientos, se evidencia que, la siembra del maíz en los parcelamientos logró cambios significativos para cada parámetro fisicoquímico estudiado, como el pH, capacidad de intercambio catiónico, aumento de la



materia orgánica, entre otros, logrando una mejora en las propiedades físicas y químicas del suelo, y por ende, en el establecimiento de cultivos agrícolas.

6.3.3 Comparación del rendimiento de la parcela número uno (1) con la parcela número dos (2).

6.3.3.1 Comparación del crecimiento de las plántulas

Para realizar la comparación entre las parcelas, se hizo necesario recurrir en primer lugar al análisis del crecimiento de las plántulas realizado con anterioridad.

Tabla 22

Análisis de la parcela 1 y 2 con respecto a la 3

Parámetro/ parcela	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Tratamiento empleado	Sin tratamiento: parcela control.	Se aplicó 30 kilogramos de potasio, 650 kilogramos de compost, biológico1 litro por hectárea.	Se aplicó 20 kilogramos de potasio, 500 kilogramos de compost, biológico 0,5 litro por hectárea.
Color de hojas	Presentó color verde	Presentó color verde	Presentó color verde
Crecimiento de la plántula	Crecimiento rápido de hasta 23cm.	Crecimiento rápido de hasta 26cm.	Crecimiento desigual, algunas plantas alcanzaron tamaños de 12cm, otras de 9cm.
Frutos	Frutos con apariencia firme, saludables, de tamaño aproximado 10cm	Frutos con apariencia firme, saludables, de tamaño aproximado 15cm	Frutos de apariencia débil, con tamaños de 5cm aproximadamente, con manchas de color negro.

Fuente: Autores, 2022



Conforme a la tabla anterior, se logró evidenciar que, de los tres parcelamientos, el parcelamiento número 1, la cual fue control, mostró un crecimiento desigual entre sus plántulas, algunas alcanzaron tamaños de 18 centímetros aproximadamente, y otras de 11 centímetros. En el caso del parcelamiento número 2, este presentó el mayor crecimiento de los tres, con un aproximado de 27 centímetros, recordando que, para este, se aplicaron 30 kilogramos de potasio, 650 kilogramos de compost y un litro de jugo biológico por hectárea. En el caso de la parcela 3, a la cual se le aplicó 20 kilogramos de potasio, 500 kilogramos de compost y 0,5 L de biológico, presentó un crecimiento uniforme que la con un aproximado de 26cm. Para el caso del color de las hojas, en los tres parcelamientos se observó un color verde vivo, y no se presentaron deformaciones en las texturas.

6.3.3.2 Comparación por medio del diseño experimental

Adicionalmente, se decidió realizar el diseño experimental planteado en la investigación, de manera que, se lograra determinar la diferencia significativa entre las parcelas en comparación con la parcela testigo.

Para esto, se realizó la aplicación de la ANOVA unifactorial desbalanceado, tomando como base la investigación de Soto (2019), Análisis De Indicadores De La Calidad Del Suelo Para La Evaluación De La Efectividad De La Estrategia De Restauración Realizada En El Corredor Barbas-Bremen, Finlandia-Quindío, quien recomienda este tipo de diseño, ya que, se realizó una sola repetición o réplica para cada tratamiento.

La tabla a continuación evidencia los resultados obtenidos:

Tabla 23

Resultados de la ANOVA unifactorial

Característica	Variable dependiente	Tuckey	Valor de p (0,05 nivel de significancia)	F calculada	F teórica
Característica fisicoquímicas del suelo (gl1= 5, gl2= 9)	pH	0,9060	0,118	2,56*	2,25*
	MO	0,9724	0,892		2,12
	CIC	0,9449	0,448		
	AI	0,9499	0,523		

Fuente: Autores, 2022

Tratamiento 1. Control.

Tratamiento 2. Se aplicó 30 kilogramos de potasio, 650 kilogramos de compost, biológico 1 litro por hectárea.

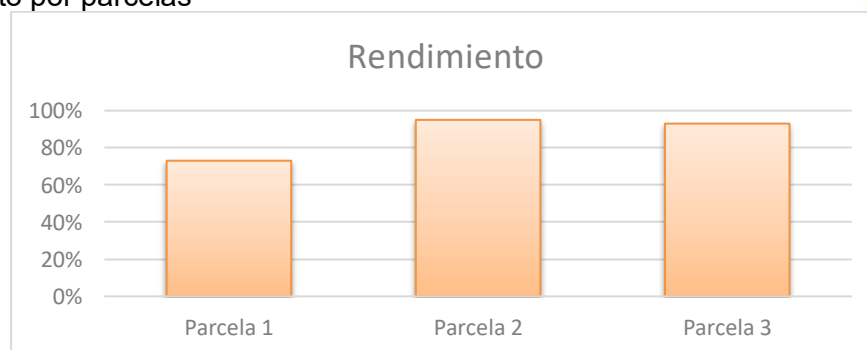
Tratamiento 3. Se aplicó 20 kilogramos de potasio, 500 kilogramos de compost, biológico 0,5 litro por hectárea.

Con un nivel de significancia de 0.05 existe evidencia para no rechazar la normalidad de cada una de las características químicas: pH, MO, CIC y AI. Sin embargo, existe evidencia para rechazar la hipótesis nula que indica que las observaciones de la parcela número 1 en crecimientos desiguales se distribuye normalmente y es debido a las propiedades del terreno.

Por otro lado, en la Tabla puede verse el estadístico de la prueba de Tuckey y su significancia por variable dependiente para evaluar el supuesto de homogeneidad de varianza en los tratamientos. Los resultados muestran que se obtuvieron niveles de significancia superiores a 0.05 con la prueba de Tuckey para las características químicas pH (Tuckey: $p=0.063$) y MO (Tuckey: $p=0.437$), no obstante para las variables CIC (Tuckey: $p=0.000$) y AI (Tuckey: $p=0.035$) se rechaza la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas al encontrarse valores p menores al nivel de significancia establecido, lo que indica que existe la probabilidad de que la varianza del error de estas dos variables no sea igual en todos los lugares de suelos.

Figura14

Rendimiento por parcelas



Fuente: Autores, 2022



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Como se observa, dado que F calculada $2,56 > 2,25$ rechazamos H_0 y concluimos que los tratamientos difieren en sus medias. Lo anterior permite deducir que los tratamientos 2 y 3 presentan intervalos de confianza del 95% y del 93% respectivamente, según los datos de prueba de Tuckey donde $p > 0,05$. Por ende, el tratamiento 1 no representa diferencias significativas ente ellos, pero en comparación con los tratamientos 2 y 3, estos presentan mejores resultados en adaptación y crecimiento, puesto que, su intervalo de confianza se encuentra en el 73%, según los datos obtenidos. Dado que el tratamiento 1 no se aplicó compost, ni jugo biológico, este sería el control, siendo el tratamiento 2 el de mayor significancia con intervalos de confianza del 95%.





7. CONCLUSIONES

Para el primer objetivo, la toma y elección de los puntos de muestreo se siguieron las recomendaciones de la consultoría ICESI y Grupo de trabajo y producción sostenible, (2018), la cual establece que para que una muestra sea significativa se deben recoger mínimo 1kg de suelo de cada terreno definido con recorrido en zig-zag. Así las cosas, se tomaron 6 puntos de muestreo escogidos aleatoriamente, a distancias que recubrieron la totalidad del terreno, de esta manera se garantizó su representatividad. La muestra de suelo tomada con la finalidad de realizar la caracterización fisicoquímica, se trasladaron al laboratorio "HABITAT", los cuales entregaron los primeros resultados. Se observó un suelo franco arcilloso. Los suelos franco-arcillosos son suelos de tipo pesado con relaciones de arena. Limo-arcilla (%) de 35-30-35. Según (Martínez, 2015), es el que tiene más arcilla de lo que se considera óptimo. Se logró evidenciar que el calcio intercambiable se presenta en exceso en el suelo, según (Martínez, 2015), el exceso de este es perjudicial ya que frena el crecimiento y provoca el oscurecimiento de la planta. Además puede ser responsable de deficiencias de boro, manganeso, cinc, magnesio o, a veces, también de cobre. Por último, el azufre se presenta en deficiencia en el suelo, según (Perez, 2019), la deficiencia de azufre en suelos está relacionada a baja productividad, mayor susceptibilidad a plagas, menor resistencia a sequía, frío y salinidad.

En el caso del segundo objetivo, para el establecimiento del diseño de parcelamiento, se tomó como base la guía metodológica del SENA (2018): Trazado para la siembra. Se escogió la siembra en cuadrado, siendo esta la más recomendada de acuerdo con la topografía de los parcelamientos realizados. Para el establecimiento del terreno para la siembra, se realizó un montaje del parcelamiento en madera, con 3 divisiones, en la que, se tomó una como parcela control. Se realizó la siembra de 35 semillas de maíz. Esta planta fue seleccionada debido a que, en gran variedad de investigaciones esta planta se evidencia como una planta muy exigente que se ve afectada ante cualquier desbalance nutricional, hídrico o de otro tipo, que determinará efectos negativos en la producción, por ende, su papel como agente de fitorremediación se hace fundamental. A cada parcelamiento se le añadió una cantidad específica de compost, el cual se obtuvo de la recolección de boñiga de vaca, provenientes de 2 casa campos de la ciudad de Valledupar.



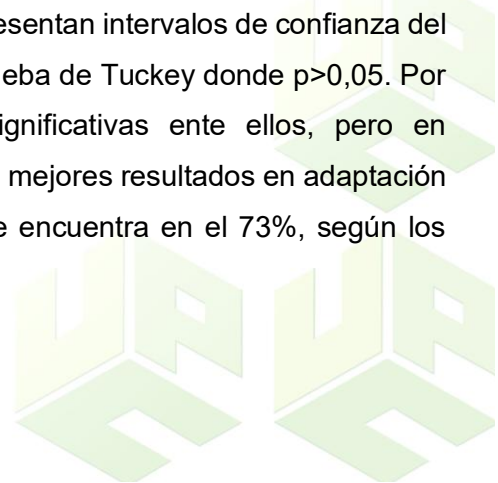
**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



En el caso del biológico, se preparó un jugo orgánico para la estimulación de las propiedades del suelo, este se realizó por medio del licuado de residuos naturales como las cascavas de plátano, frijol cabecita negra, etc.

Por último, antes de realizar la siembra de la especie de maíz en los parcelamientos antes mencionados, se preparó el terreno mediante una labranza manual. Para realizar la siembra del maíz, se posicionaron las parcelas de madera en cada terreno, se aplicó el compost en la cantidad establecida para cada parcela y el biológico: En la parcela 3 se aplicó 20 kilogramos de potasio por hectárea, 500 kilogramos de compost por hectárea y 0,5 de biológico por ha. En la parcela 2, Se aplicó 30 kilogramos de potasio por hectárea, 650 kilogramos de compost por ha y se aplicó del biológico 1 kilogramo. Para el caso de la parcela 1, esta fue en blanco, como parcela control. La siembra se estableció el 19 de noviembre del 2021, y finalizó el 19 de febrero de 2022, con un crecimiento de exactamente 3 meses. Se logró evidenciar que, de los tres parcelamientos, el parcelamiento número 1, mostró un crecimiento desigual entre sus plántulas, algunas alcanzaron tamaños de 18 centímetros aproximadamente, y otras de 11 centímetros. En el caso del parcelamiento número 2, este presentó el mayor crecimiento de los tres, con un aproximado de 27 centímetros, recordando que, para este, se aplicaron 30 kilogramos de potasio, 650 kilogramos de compost y un litro de jugo biológico por hectárea. En el caso de la parcela 3, presentó un crecimiento uniforme, con un aproximado de 26 cm. Para el caso del color de las hojas, en los tres parcelamientos se observó un color verde vivo, y no se presentaron deformaciones en las texturas. Los tratamientos 2 y 3 presentan intervalos de confianza del 95% y del 93% respectivamente, según los datos de prueba de Tuckey donde $p > 0,05$. Por ende, el tratamiento 1 no representa diferencias significativas entre ellos, pero en comparación con los tratamientos 2 y 3, estos presentan mejores resultados en adaptación y crecimiento, puesto que, su intervalo de confianza se encuentra en el 73%, según los datos obtenidos.





8. RECOMENDACIONES

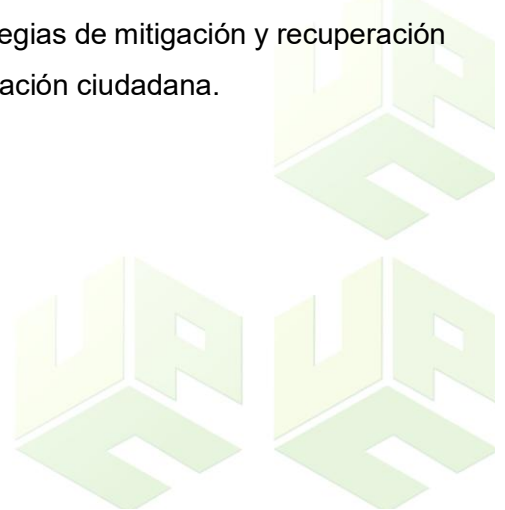
Se recomienda:

Ampliar las investigaciones acerca de la recuperación de suelos por fitorremediación con especies vegetales, debido a que, en la revisión bibliográfica realizada se observó que el material es corto, y que se mantienen muchos vacíos que deben ser solventados en la práctica. Así como, ampliar las investigaciones con el uso del maíz como especie fitorremediadora, debido a sus propiedades físicas y a su rápida adaptación en medios contaminados.

Realizar seguimiento y adaptación a las especies sembradas por mínimo 6 meses, como recomendación de las revisiones bibliográficas encontradas, de esta manera se garantiza un desarrollo óptimo y por ende, una mejor adaptación en el suelo, así como los posibles cambios que pudiese presentar en el paso del tiempo.

Se recomienda ampliar el estudio por medio del uso de técnicas con avances tecnológicos como la implementación del campo de geomática, mediante el análisis de imágenes digitales y satelitales que permitan observar a mayor detalle los cambios en las especies vegetales en crecimiento, así como las variaciones en el suelo. Por otra parte, permitirá realizar un seguimiento ideal de la cobertura vegetal del suelo objeto de estudio y sus cambios a lo largo de la investigación.

Se recomienda realizar un estudio de impacto ambiental en la zona de estudio con la finalidad de conocer las principales problemáticas que se presentan en cuanto al suelo, y proponer junto con las autoridades competentes estrategias de mitigación y recuperación de suelos de manera sostenible que involucre la participación ciudadana.



9. BIBLIOGRAFIA

Acosta, D. (junio de 2019). *Aplicación de hongos micorrizicos arbusculares en la producción de plantas de selva baja caducifolia con fines de reforestación*. Obtenido de <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/713/AOPDXN05T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Arango, M. J. (2017). *Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos*. Obtenido de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2036/1/Abonos_organicos_alternativa_conservacion_mejoramiento_suelo.pdf

Álvarez, D. (2013). El componente suelo dentro de los estudios de impacto ambiental para la construcción de carreteras (tesis para optar al título de Magister en Geomorfología y Suelo). Universidad Nacional, Medellín.

Antúnez, A. (2011). Generalidades históricas de contemporaneidad en la dimensión social-valorativa y jurídica del medio ambiente. Una apreciación en la primera década del siglo XXI de la problemática ambiental. *Revista Nómadas*, Vol. Especial: América Latina, 1-53.

Cárdenas, R. (26 de marzo de 2013). Aguas residuales y ciudades del futuro. Portafolio. Corredor, E., Fonseca, J. & Páez, E. (2012). Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3 (1), 77-83. DANE (2005). Series de población 1985 - 2020. Recuperado el 20 de octubre de 2013, de <http://www.dane.gov.co/index.php/población-y-demografía/series-de-población>

Consultoría ICESI y Grupo de trabajo y producción sostenible. (2015). *Guía: Evaluación y monitoreo de los suelos*. Obtenido de https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos%20y%20procedimientos%20Vigente/0130_Caracterizacion%20y%20Balance%20d



e%20los%20Recursos%20Naturales%20y%20sus%20Actores%20Sociales%20Relevantes/Guias/GU.0130.09%20Evaluacion%20

García, L. (2003). Teoría del desarrollo sostenible y legislación ambiental colombiana. Una reflexión cultural. Revista de Derecho 20 (julio), 198-215.

Holguín, M. T. (2013). Sistema de Gestión Ambiental Académico Administrativo de la Universidad Libre. (U. Libre, Ed.) Recuperado en agosto de 2013, de <http://www.unilibre.edu.co/sga/images/pdf/sistema-de-gestionambiental-academico-administrativo-de-la-universidad-libre-sede-principal-grupo-de-investigacioninterfacultades-territorio-ambiente-y-educacion.pdf>

Instituto Agustín Codazzi (2015). Toma de muestras de suelo. disponible en: <https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/guiademuestreo.pdf>

Luna, H. S. (2012). *Densidad poblacional de los hongos micorrizicos arbusculares en suelos agrícolas aplicados con composta.* Obtenido de https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/18416/Tesis%20Doctoral%20Hector%20Santos%20Luna%20Zendejas_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Joaquín Benavides López de Mesa Msc, Gladis Quintero Msc, Andrea Liliana Guevara Vizcaíno, Diana Carolina Jaimes Cáceres, Sandra Milena Gutiérrez Riaño, Johanna Miranda García. 2006 Bioremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo.

José Luis Rodríguez Gallego, Jesús Sánchez Martín. Biorremediación. Artículo: Fundamentos y aspectos microbiológicos.

Juana B. Ewis, Sarina J. Ergas, Daniel P. Chang, Edward D. Schroeder. Principios de Biorrecuperación (Biorremediación). Mc Graw

Katerine Torres Delgado and Tatianan Zuluaga Montoya, 2009. "Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos," Facultad de Mina. Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Trabajo de grado para optar el título de Ingeniería Química.



Marc Viñas Canals. 2005 Tesis: Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos "caracterización microbiológica, química y ecotoxicológica". Barcelona

Maroto arroyo, m^a esther y rogel quesada, juan manuel. Aplicación de sistemas de biorremediación de suelos y aguas contaminadas por hidrocarburos.

Martha Cecilia Rincon Lizcano, 2004. "Estudio de la Biorremediación como una alternativa en lamitigación de la contaminación ambiental," Facultad de Ciencias Básicas. Escuela de Química.

Marving Diaz Consuegra. 1999 "Revisión de los procesos de biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, aplicados en Colombia" Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Santa Fe de Bogotá.

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (diciembre de 2016). *40% del territorio colombiano presenta algún grado de degradación de suelos por erosión*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/2592-40-del-territorio-colombiano-presenta-algun-grado-de-degradacion-de-suelos-por-erosion>

Miguel Ángel Cando Rodríguez, 2011. "Determinación y análisis de un proceso de biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos.," Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Ambiental.

Roman, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual del compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>

Roncallo, B., Murillo, J., Rodríguez, G., Bonilla, R. R., & Garrido, M. (2012). *Producción de forraje y respuesta animal en suelos del valle del Cesar en proceso de recuperación*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945032012.pdf>

Organización de Las Naciones para la Agricultura y Alimentación, 2013. Obtenido en: <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



- Villacieros, M. 2005. PCB rhizoremediation by *Pseudomonas fluorescens* F113 derivatives using a *Sinorhizobium meliloti* nod system to drive bph gene expression. *Appl. Environ. Microbiol.* 71: 2687-2694.
- Viñas, M. 2005. Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos: caracterización, microbiología, química y ecotoxicológica. Facultad de biología. Universidad de Barcelona.



ANEXOS

Anexo 1. Resultados fisicoquímicos antes del tratamiento



**INFORME DE RESULTADOS
ÁREA DE ANÁLISIS
DE SUELOS**

No. Laboratorio:	077	No. Informe:	063-V1-2021
Cliente:	YOEINIS DURÁN	Fecha de Recepción:	16-11-2021
Ciudad:	Codazzi	Fecha de Análisis:	6-12-2021
Dirección:	Colégio Galo Lafourie	Fecha de Emisión:	14-12-2021

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Producto/Material	Identificación de la muestra	Características
Suelo	077	conforme
Municipio	Otras características	
Codazzi, Cesar		

ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELO CAMPO

DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA MUESTRA	sólido pardo rojizo				
VARIABLE	EXPRESIÓN/SIGLA	RESULTADOS	UNIDADES	RANGO MEDIO	EXTRACTANTE/TÉCNICA/REFERENCIA
pH	pH	6.73	Unidades de pH	5.00 - 6.80	Paño de saturación / Conductimétrico / USDA/SoilHyg Laboratory
Conductividad Eléctrica	CE	0.38	dS/m	N.R. - N.R.	Paño de saturación / Conductimétrico / USDA/SoilHyg Laboratory
Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva	CICE	11.5	meq/100g	N.R. - N.R.	Cálculo
Saturación de Humedad Media	N.A.	17.9	%	20.0 - 40.0	Paño de saturación / Gravimétrico / USDA/SoilHyg Laboratory
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	1.68	%	2.00 - 4.00	En Oxígeno de Potasio / Colorimétrico / NTC 5483/SoilHyg Blank
Materia Orgánica	MO	2.90	%	N.R. - N.R.	Cálculo
Nitrógeno Total	N Total	0.140	%	N.R. - N.R.	Cálculo
Densidad Aparente	d.a.	1.37	g/cm ³	N.R. - N.R.	Cálculo

DETERMINACIÓN DE TEXTURA

Clase	Expresión	Resultado	Rango	Método
Arcilla	Tes.	24.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Arena	Tes.	62.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Limo	Tes.	14.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Textura	Tes.	Francos Arcillo Arenoso	Adimensional	Análisis directo / Método de Bouyoucos

VARIABLE	EXPRESIÓN/SIGLA	RESULTADO (mg/kg)	RESULTADO (meq/100g)	RANGO MEDIO	EXTRACTANTE/TÉCNICA/REFERENCIA
Potasio Intercambiable	K	73.4	0.188	N.R. - N.R.	En. Acetato de Amonio / ICP-OES / NTC 6349 / Método Interno
Calcio Intercambiable	Ca	1890	9.44	3.00 - 6.00	En. Acetato de Amonio / ICP-OES / NTC 6349 / Método Interno
Magnesio Intercambiable	Mg	208	1.71	1.50 - 3.00	En. Acetato de Amonio / ICP-OES / NTC 6349 / Método Interno
Sodio Intercambiable	Na	39.1	0.170	0.04 - 0.48	En. Acetato de Amonio / ICP-OES / NTC 6349 / Método Interno
Acidez Intercambiable	Ac. Inter.	No Aplica.	No Aplica	0.20 - 0.40	En. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263
Hierro	Fe	54.8	N.A.	20 - 100	En. Ácido Metálico / ICP-OES / NTC 6326 Método Interno
Manganeso	Mn	44.7	N.A.	10.0 - 50.0	En. Ácido Metálico / ICP-OES / NTC 6326 Método Interno



VARIABLE	EXPRESIÓN/SIGLA	RESULTADO (mg/kg)	RESULTADO (meq/100g)	RANGO MEDIO	EXTRACTANTE/TECNICA/REFERENCIA
Cobre	Cu	2.94	N.A.	1.25 2.50	En. Ácido Muriático / ICP-OES / NTC 5026 Método Interno
Zinc	Zn	4.10	N.A.	2.00 5.00	En. Ácido Muriático / ICP-OES / NTC 5026 Método Interno
Boro	B	0.944	N.A.	0.50 1.00	En. Puntos Muestrales de Calcio / Colorimétrico Método Interno
Fosforo	P	63.9	N.A.	15.0 30.0	Stn. Bray II / Colorimétrico / NTC 5350
Azufre	S	9.36	N.A.	30.0 60.0	En. Puntos Muestrales de Calcio / Turbidimétrico / Método Interno

RELACIONES MATEMÁTICAS

VARIABLE	EXPRESIÓN/SIGLA	RESULTADOS	UNIDADES	EXTRACTANTE/TECNICA/REFERENCIA
Saturación de Magnesio	Sat. Mg	14.9	%	Cálculo
Saturación de Sodio	Sat. Na	1.48	%	Cálculo
Saturación de Aluminio	Sat. Al	No Aplica.	%	Cálculo
Saturación de Potasio	Sat. K	1.63	%	Cálculo
Saturación de Calcio	Sat. Ca	82.1	%	Cálculo
Relación Calcio/Magnesio	Ca/Mg	5.52	Adimensional	Relación matemática
Relación Calcio/Potasio	Ca/K	50.2	Adimensional	Relación matemática
Relación Magnesio/Potasio	Mg/K	9.10	Adimensional	Relación matemática
Relación (Ca-Mg)/K	(Ca-Mg)/K	59.3	Adimensional	Relación matemática

N.R. No registra / M.A. No Aplica / En. Solución / N.S. No suministrado / N.D.No Detectado / M.V. Mineralización Via Humeda / M.I. Muestra Insuficiente / SA. Espectroscopia de Absorción Atómica / SA. Espectroscopia de Emisión Atómica / ICP-OES Espectroscopia de Emisión Óptica de plasma acoplado inductivamente / IAN Extracción Asistida con Microondas

OBSERVACIONES	NINGUNO
----------------------	---------

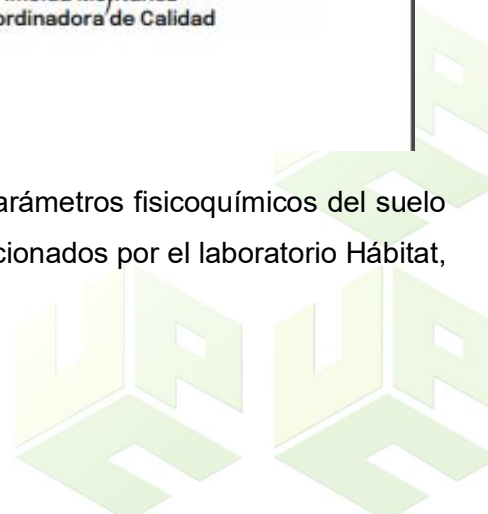
- FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS ANALÍTICOS -

Jenny Mayorga Cárdenas
Directora Técnica
T.P. 25006-033621

Imelda Montañez
Coordinadora de Calidad

- FIN DEL INFORME -

Nota: el anexo 1 corresponde a los resultados de los parámetros fisicoquímicos del suelo antes de someterse al tratamiento, estos, fueron proporcionados por el laboratorio Hábitat, de la ciudad de Valledupar.





Anexo 2. Resultados fisicoquímicos después del tratamiento



INFORME DE RESULTADOS

**ÁREA DE ANÁLISIS
DE SUELOS**

No. Laboratorio:	067-V1-2022	No. Informe:	AFO-321-2022
Cliente:	Yoenis Durán	Fecha de Recepción:	14-03-2022
Ciudad:	Codazzi	Fecha de Análisis:	8-04-2022
Dirección:	Colegio Galo Lafaurie	Fecha de Emisión:	20-04-2022

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Producto/Material	Identificación de la muestra	Características
SUELO	080	sólido pardo oscuro
Municipio	Otras características	
Codazzi	Sin especificar	

ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELO CAMPO

DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA MUESTRA	SÓLIDO PARDO OSCURO				
VARIABLE	EXPRESIÓN/SIGLA	RESULTADOS	UNIDADES	RANGO MEDIO	EXTRACTANTE/TÉCNICA/REFERENCIA
pH	pH	7.31	Unidades de pH	N.R. N.R.	Fuente de valoración / Conductividad / USDM Labory Laboratory
Conductividad Eléctrica	CE	2.47	dS/m	N.R. N.R.	Fuente de valoración / Conductividad / USDM Labory Laboratory
Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva	CICE	18.0	meq/100g	N.R. N.R.	Cálculo
Saturación de Humedad Media	N.A.	18.6	%	N.R. N.R.	Fuente de valoración / Gravimetría / USDM Labory Laboratory
Carbono Orgánico Disoluble	COOx	1.80	%	N.R. N.R.	En: Documento de Prácticas / Colorimetría / NTC 5828/4by Wash
Materia Orgánica	MO	3.10	%	N.R. N.R.	Cálculo
Nitrógeno Total	N Total	0.150	%	N.R. N.R.	Cálculo
Densidad Aparente	d.a.	1.34	g/cm ³	N.R. N.R.	Cálculo

DETERMINACIÓN DE TEXTURA

Componente	Expresión	Resultado	Rango	Técnica/Referencia
Arcilla	Tex.	26.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Arena	Tex.	58.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Limo	Tex.	16.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Textura	Tex.	Francos Arcillo Arenoso	Adimensional	Análisis directo / Método de Bouyoucos

VARIABLE	EXPRESIÓN/SIGLA	RESULTADO (mg/kg)	RESULTADO (meq/100g)	RANGO MEDIO	EXTRACTANTE/TÉCNICA/REFERENCIA
Potasio Intercambiable	K	680	1.74	N.R. N.R.	En: Análisis de Elementos / ICP-OES / NTC 5248 / Método Interno
Calcio Intercambiable	Ca	2660	13.3	N.R. N.R.	En: Análisis de Elementos / ICP-OES / NTC 5248 / Método Interno
Magnesio Intercambiable	Mg	308	2.53	N.R. N.R.	En: Análisis de Elementos / ICP-OES / NTC 5248 / Método Interno
Sodio Intercambiable	Na	110	0.477	N.R. N.R.	En: Análisis de Elementos / ICP-OES / NTC 5248 / Método Interno
Ácidos Intercambiable	Ac. Inter.	No Aplica.	No Aplica.	N.R. N.R.	En: NCI 1N / Volumétrico / NTC 5263
Hierro	Fe	37.1	N.A.	N.R. N.R.	En: Ácido Muriático / ICP-OES / NTC 5248 / Método Interno
Manganeso	Mn	75.7	N.A.	N.R. N.R.	En: Ácido Muriático / ICP-OES / NTC 5248 / Método Interno



VARIABLE	EXPRESIÓN/SIGLA	RESULTADO (mg/kg)	RESULTADO (meq/100g)	RANGO MEDIO		EXTRACTANTE/TÉCNICA/REFERENCIA
Cobre	Cu	14.2	N.A.	N.R.	N.R.	En: Acido Muriático / CP-DES-10TC 5026 Método Interno
Zinc	Zn	33.4	N.A.	N.R.	N.R.	En: Acido Muriático / CP-DES-10TC 5026 Método Interno
Boro	B	1.10	N.A.	N.R.	N.R.	En: Puntos Neutros de Calcio / Colorímetro Método Interno
Fósforo	P	41.1	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Bray II / Colorimétrico / NTC 5250
Azufre	S	37.7	N.A.	N.R.	N.R.	En: Puntos Neutros de Calcio / Turbidímetro Método Interno

RELACIONES MATEMÁTICAS

VARIABLE	EXPRESIÓN/SIGLA	RESULTADOS	UNIDADES	EXTRACTANTE/TÉCNICA/REFERENCIA
Saturación de Magnesio	Sat. Mg	14.1	%	Cálculo
Saturación de Sodio	Sat. Na	2.65	%	Cálculo
Saturación de Aluminio	Sat. Al	No Aplica.	%	Cálculo
Saturación de Potasio	Sat. K	9.07	%	Cálculo
Saturación de Calcio	Sat. Ca	73.9	%	Cálculo
Relación Calcio/Magnesio	Ca/Mg	5.26	Adimensional	Relación matemática
Relación Calcio/Potasio	Ca/K	7.94	Adimensional	Relación matemática
Relación Magnesio/Potasio	Mg/K	1.45	Adimensional	Relación matemática
Relación (Ca-Mg)/K	(Ca-Mg)/K	9.10	Adimensional	Relación matemática

N.R. No registra / N.A. No Aplica / Sin. Solución / N.S. No suministrada / N.D.Mo. No detectado / M.M. Mineralización Via Humeda / M. Muestra Insuficiente / S.M. Espectroscopia de Absorción Atómica / S.M. Espectroscopia de Emisión Atómica / CP-DES Espectroscopia de Emisión Óptica de plasma acoplado inductivamente / S.M. Extracción Asistida con Microondas

OBSERVACIONES	Los resultados de C.E. y Azufre fueron verificados
----------------------	--

- FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS ANALÍTICOS -

Jenny Mayorga Cárdenas
Directora Técnica
T.P. 25006-033621

Imelda Montañez
Coordinadora de Calidad

- FIN DEL INFORME -

Nota: el anexo 2 corresponde a los resultados de los parámetros fisicoquímicos del suelo después de someterse al tratamiento, estos, fueron proporcionados por el laboratorio Hábitat, de la ciudad de Valledupar.

Anexo 3. Imágenes del proceso de siembra y seguimiento de especies



Nota: Las imágenes anteriores permiten evidenciar los procesos de preparación del terreno y siembra de las semillas, lo que incluye la remoción manual de gránulos de gran tamaño como piedras, el diseño de las aberturas de ingreso de semillas y el humedecimiento del suelo para favorecer la adopción de estas.



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**Ingeniería
Ambiental y Sanitaria**



Nota: Las imágenes anteriores permiten evidenciar la toma de muestras de suelo, la cual estuvo guiada por las recomendaciones del ICESI, consistió en humedecer el suelo, tomar muestras de 1 kilogramo como mínimo y mezclar estas con la finalidad de homogenizarlas en una sola muestra representativa.