



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**RECUPERACION DEL SUELO DEGRADADO POR MONOCULTIVO A TRAVES DE
VERMICOMPOST EN LA FINCA EL SINAI DEL CORREGIMIENTO DE ATANQUEZ DEL
MUNICIPIO DE VALLEDUPAR-CESAR.**

AUTOR (ES):

LAUDITH LEONOR REDONDO MORALES
NATALIA REDONDO MORALES

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

**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**



**RECUPERACION DEL SUELO DEGRADADO POR MONOCULTIVO A TRAVES DE
VERMICOMPOST EN LA FINCA EL SINAI DEL CORREGIMIENTO DE ATANQUEZ DEL
MUNICIPIO DE VALLEDUPAR-CESAR.**

AUTOR (ES):

LAUDITH LEONOR REDONDO MORALES
NATALIA REDONDO MORALES

DIRECTOR:

JOSÉ MAURICIO PÉREZ ROYERO

ASESORES:

EDER DAVID MENDOZA CORZO
ANDRÉS FELIPE PERALTA FUENTES

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



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado especialmente a Dios, a nuestra familia y amigos, a nuestro director y asesores los cuales nos guiaron durante el desarrollo de este proyecto.



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos a Dios por permitirnos culminar este trayecto académico.

Agradecemos a nuestra alma mater, UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR, en especial a la facultad de ciencias y tecnológicas por los conocimientos adquiridos

Agradecemos a nuestros Padres Zoraida Morales Villazón y Anibal Redondo Montaña por ser nuestro apoyo constante durante este proceso, a nuestros hermanos que han sido un apoyo esencial y a nuestros amigos que de diferente forma nos han inspirado en medio de este proceso.

Agradecemos a Manuel fuentes, por facilitarnos su finca como sitio de práctica de nuestro proyecto y por compartir sus conocimientos que nos sirvieron durante el desarrollo de este proyecto.

Y a nuestro director de proyecto ING. José Mauricio Pérez Royero, por ser una guía durante este proceso.



RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo en la finca EL SINAI del corregimiento de Atanquez donde se evidencio una degradación del suelo por efecto del monocultivo de la caña de azúcar y para mitigar este efecto se hizo un estudio del estado actual del terreno, donde se le hizo un análisis del suelo para evaluar la textura, la cantidad de nutrientes presentes en el mismo, posteriormente se diseñó una prueba piloto donde evaluamos tres concentraciones de vermicompos (25%, 50% Y 75%), para esto fue necesario la elaboración del compost a base del bagazo de caña, ceniza y boñiga de vaca, en medio de este proceso se le incorporaron lombrices rojas californianas obtenida de la granja de la UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR, seguido se registró un control de crecimiento de la planta para evidenciar su comportamiento y con respecto a esto evaluar cuál de los tres tratamientos era más eficaz frente al proceso de mitigación de la degradación, donde se tomó como estrategia de remediación el tratamiento con el 25% debido a que esta parcela presento mejores condiciones en cuanto a PH con un estado neutro o casi neutro lo que nos indicó que ese tratamiento tuvo una mejor absorción de los nutrientes del suelo y así darle un buen aporte al cultivo de maíz, dando como resultado una mayor producción nutritiva; Por ende esta es la mejor estrategia para contrarrestar los efectos de degradación presentados en la finca EL SINAI.

ABSTRACT

This research was carried out at the EL SINAI farm in the Atanquez corregimiento, where soil degradation was evidenced due to the effect of sugar cane monoculture, and to mitigate this effect, a study of the current state of the land was carried out, where a an analysis of the soil to evaluate the texture, the amount of nutrients present in it, later a pilot test was designed where we evaluated three concentrations of vermicompost (25%, 50% Y 75%), for this it was necessary to prepare the compost based on cane bagasse, ash and manure of cow, in the middle of this process Californian red worms obtained from the farm of the UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR were incorporated, followed by a growth control of the plant to show its behavior and with respect to this to evaluate which of the three treatments was more effective against the degradation mitigation process, where the treatment with



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



25% due was taken as a remedial strategy This plot presented better conditions in terms of PH with a neutral or almost neutral state, which indicated that this treatment had a better absorption of nutrients from the soil and thus give a good contribution to the corn crop, resulting in a greater nutritional production; Therefore, this is the best strategy to counteract the effects of degradation presented in the EL SINAI farm.





TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	11
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2.1	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
3	JUSTIFICACIÓN.....	15
4	OBJETIVOS.....	16
4.1	OBJETIVO GENERAL:	16
4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	16
5	MARCO REFERENCIAL.....	17
5.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	17
5.2	MARCO TEORICO	22
5.2.1	EL SUELO	22
5.2.2	MUESTREO DE SUELOS	22
5.2.3	PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS DEL SUELO	24
5.2.4	VERMICOMPOST	26
5.2.5	FASES DEL COMPOST.....	28
5.2.6	Monitoreo durante el compostaje.....	29
5.2.7	Oxígeno	30
5.2.8	Humedad.....	30
5.2.9	Temperatura	31
5.2.10	pH.....	31
5.2.11	Relación Carbono-Nitrógeno (C/N).....	31
5.3	MARCO CONCEPTUAL	32
5.4	MARCO CONTEXTUAL	35
5.5	MARCO LEGAL	37
6	MARCO METODOLOGICO.....	39
6.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
6.2	SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN.....	39
6.3	POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	39



6.4	MUESTRA POBLACIONAL	39
6.5	DESARROLLO METODOLOGICO	40
	ETAPA 1: Determinación de los parámetros físicos y químicos en las condiciones actuales del terreno cultivado con caña de azúcar	40
6.5.1	ETAPA 2: Evaluación mediante prueba piloto la eficiencia de tres concentraciones de Vermicompost utilizada para la recuperación de los suelos degradados por monocultivo en la finca el Sinaí.....	41
6.5.2	ETAPA 3: Proposición de la alternativa de recuperación de suelo más eficiente según los resultados obtenidos en la prueba piloto.	48
6.6	DISEÑO EXPERIMENTAL	49
6.7	Procesamiento y análisis de la información	50
7	RESULTADOS Y ANALISIS	51
	ETAPA 1: Determinación de los parámetros físicos y químicos en las condiciones actuales del terreno cultivado con caña de azúcar.	51
	ETAPA 2: Evaluación mediante prueba piloto la eficiencia de tres concentraciones de Vermicompost utilizada para la recuperación de los suelos degradados por monocultivo en la finca el Sinaí.	53
	ETAPA 3: Proposición de la alternativa de recuperación de suelo más eficiente según los resultados obtenidos en la prueba piloto.	66
9.	BIBLIOGRAFÍA	69





LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de muestreo con palín o pala para análisis químico y físico de suelo, muestra disturbada de suelo.....	23
Figura 2. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje	29
Figura 3. mapa de Valledupar-Cesar	35
Figura 4. Ubicación finca el Sinaí	36
Figura 5. Excavación de la compostera.	42
Figura 6. Cubrimiento de la compostera.	42
Figura 7. Llenado de la compostera.....	44
Figura 8. Incorporación de la Eisenia foetida al vermicompost.	45
Figura 9. Volumen de un cilindro.	46
Figura 10. Distribución y área de las parcelas.	49
Figura 11. Toma de mediciones ancho y grosor del tallo.....	60

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1. Porcentaje de Arena, limo y arcilla en los diferentes tratamientos..	54
Gráfico 2. Estado del pH en las parcelas.	55
Gráfico 3. Resultados de Nitrógeno presente en las parcelas.	56
Gráfico 4. Resultados del Fosforo en las parcelas.....	57
Gráfico 5. Resultados de Potasio en las parcelas.	58
Gráfico 6. Resultados de Boro y Magnesio en las parcelas.....	59
Gráfico 7. Altura promedio de la planta en la semana 4 y 7.	60
Gráfico 8. Grosor promedio del tallo en la semana 4 y 7..	61
. Gráfico 9. Ancho y largo de la hoja en la semana 4 y 7	62
Gráfico 10. Registro fotográfico de la cosecha en la parcela de control.	63
Gráfico 11. Registro fotográfico de la cosecha en la parcela de 25%.	63
Gráfico 12. Registro fotográfico de la cosecha en la parcela de 50%.	64
Gráfico 13. Registro fotográfico de la cosecha en la parcela de 75%.	64
Gráfico 14. Cantidad y peso de la cosecha en cada parcela.....	65

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parametros fisicos y quimicos del suelo.	25
Tabla 2. Parametros estándar de análisis de humus de lombriz	28
Tabla 3. Parametros del compostaje.....	32
Tabla 4. Normativa vigente para la investigación	38
Tabla 5. Parametros fisicos y quimicos.	41



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Tabla 6. Resultados de los parametros físicos y químicos en parcela de control.....	51
Tabla 7. Toma de muestra de suelo.....	53



1 INTRODUCCIÓN

Se conoce como monocultivo a la práctica de plantar grandes extensiones de tierra con cultivos de una sola especie, aplicando los mismos patrones de cultivo, riego, fertilización y recolección; lo que deriva en la producción de grandes cantidades de un solo producto a muy bajo costo. El aumento de la población mundial y el crecimiento de la economía capitalista requieren suplir al mercado de productos agrícolas, por lo que es indispensable encontrar métodos que permitan la producción a gran escala y al mismo tiempo que sea rentable. Por estas razones, y aprovechando el creciente desarrollo industrial, el monocultivo es la alternativa más viable económicamente.¹

Los riesgos de los monocultivos no son sólo medioambientales, también socioeconómicos, pues ha llegado a ser una excusa para la expropiación de campesinos, con el fin de obtener territorio cultivable. De igual forma, la erosión no permite que el terreno pueda ser reutilizado por pequeños agricultores, y la industrialización del proceso de monocultivo requiere poca mano de obra, lo que no genera empleo suficiente en la región.²

Siendo el corregimiento de atanquez una zona donde la principal fuente económica es la agricultura y la artesanía, la población se ve en la necesidad de realizar monocultivos y más específicamente el de caña de azúcar puesto que las condiciones de la zona se prestan para cultivarlos, además que lo provechan para la fabricación de panela, miel, y alfandoque.

Al ser esta actividad muy frecuente en las distintas fincas de la zona y más específicamente en la finca el Sinaí encontraremos una problemática de fertilidad de suelos por este monocultivo, entonces al detectar tal afectación, nosotros en calidad de estudiantes investigamos y realizamos nuestro aporte como ingenieros ambientales y sanitario para contribuir a la mitigación de este impacto negativo generado.

¹ (Universidad del Valle, 2015)

² (Universidad del Valle, 2015)

De esta manera aportamos a la recuperación del suelo, como primera actividad determinamos los parámetros fisicoquímicos en las condiciones actuales del terreno cultivado con caña de azúcar, haciendo un respectivo reconocimiento de área y una toma de muestra, en segunda instancia se evaluó mediante una prueba piloto la eficiencia de tres concentraciones de Vermicompost utilizada para la recuperación de los suelos degradados por monocultivos, por ende se realizó el vermicompost a base de Lombriz Roja Californiana, posterior a ello y con los datos obtenidos se determinó la alternativa de recuperación de suelo más eficiente.



2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia, en el año 2013 se produjeron 2,12 millones de toneladas de azúcar a partir de 21,56 millones de toneladas de caña. En la actualidad se da cubrimiento a todo el territorio nacional. El consumo nacional de azúcar en Colombia fue de 1,69 millones de toneladas, destinado en un 52% al consumo directo en los hogares y un 48% a la fabricación de productos alimenticios, bebidas para consumo humano y otros productos industriales.³

Teniendo en cuenta que la caña panelera es el segundo sector que más genera empleo en Colombia, después del café, y que en el Cesar se cuentan con más de tres mil hectáreas de este cultivo, varias organizaciones han centrado su atención en esta cadena productiva que caracteriza a la población campesina e indígena localizada en la Sierra Nevada y Serranía del Perijá.⁴

Con base a ello debemos decir que la comunidad de Atanquez también realiza este tipo de actividades pues su economía más representativa, es la agricultura, le sigue la comercialización de la Mochila Atánquera. Sus principales productos agrícolas son: café, aguacate, mango, plátano, banano y caña de azúcar. Además, se produce alfandoque y panela, productos que hacen un gran aporte a la economía del corregimiento (Unión Europea, 2011).⁵

Donde la caña de azúcar tiene un gran protagonismo en toda esta investigación, puesto que en dicha comunidad hay muchas fincas dedicada a este tipo de actividad agrícola, para su propia economía, una de ellas es la finca el Sinaí, donde hay estos cultivos en gran cantidad, con el fin último de elaborar las panelas atanqueras y poder así vivir de los ingresos que generan esta actividad comercial

Sin embargo, esta práctica afecta a los ecosistemas que la rodean, al ser necesarias grandes extensiones de tierra se deben eliminar todo tipo de ecosistemas y hábitats para dar paso una sola especie de cultivos. Esto a su vez, proporciona alimento a otras especies, pero al no haber diversidad, estas especies que se alimentan de un solo tipo de planta, pueden convertirse fácilmente en plagas.

³ (Asocaña, 2021)

⁴ (El Pilón, 2017)

⁵ (Montero, Tahelys, 2017)

Así mismo, el proceso de cosecha y cultivo constante, no permite que el suelo recupere los nutrientes para permitir más siembra, lo que deriva en un desgaste vertiginoso de la fertilidad del suelo y erosión.⁶ Pero esta práctica no solo genera desgaste en el suelo sino que además genera grandes cantidades de residuos orgánicos con base a la caña de azúcar. Por ende se deben tomar acciones respectivas para recuperar el suelo y además minimizar la gran cantidad de residuos orgánicos de dicha finca.

2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Se podrá recuperar el suelo degradado por monocultivo a través de vermicompost en la finca el Sinaí del corregimiento de Atanquez del municipio de Valledupar-Cesar?

⁶ (Universidad del Valle, 2015)



3 JUSTIFICACIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha señalado que una de las causas principales de la degradación de los suelos en América Latina es, sin duda, la aplicación de técnicas de labranzas inadecuadas, con el consiguiente deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, la disminución de los rendimientos agrícolas y más importante aún, el deterioro del medio ambiente.⁷

Dentro de las cuales encontramos el monocultivo como práctica agrícola, y a la caña de azúcar como un monocultivo problema, en una perspectiva crítica insoslayable que insiste en lo que diversos autores, referenciados, han señalado alrededor de los graves efectos sociales, ambientales, culturales, económicos y políticos que dicho monocultivo genera de tiempo atrás.⁸

Los monocultivos, aún bajo siembra directa, generan una importante pérdida de suelo y reducen la productividad debido a la pérdida de nutrientes y carbono.⁹

Al desarrollarse esta práctica a gran escala, la erosión no permite que el terreno pueda ser re utilizado por pequeños agricultores con el tiempo lo que ocasionaría el problema antes ya mencionado.

En el corregimiento Atanquez y más específicamente en la finca el Sinaí ocurre la misma actividad de monocultivo con caña de azúcar, puesto que los administradores hacen dicha práctica para la elaboración y el comercio de la panela, lo que sucederá con el tiempo es que el suelo de la misma se vea afectado y por ende su economía, cabe añadir que este proceso también se utilizan las quemas descontroladas de los terrenos y terminado el proceso de la panela lo que quedan es una gran cantidad de residuos orgánicos al cual no se le dan un uso ambiental

De allí la necesidad de recuperar el suelo degradado a través de lombricompost, pues se minimizan las problemáticas anteriores, tanto la perdida de nutrientes del suelo, como la buena utilización de esos residuos con un fin ambiental, determinando los parámetros fisicoquímicos del terreno, elaborando el

⁷ (Santiago, 2012)

⁸ (Ayala, 2018)

⁹ (Inta, 2013)

humos con los mismos desechos producidos por la actividad añadiéndoles las lombrices rojas californiana (*Eisenia Foetida*), para posteriormente evaluar la calidad del suelo.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL:

Recuperar el suelo degradado por monocultivo (Caña de azúcar) a través de vermicompost en la finca el Sinaí del corregimiento de Atanquez del municipio de Valledupar- Cesar.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar los parámetros físicos y químicos de las condiciones actuales del terreno cultivado con caña de azúcar en la finca el Sinaí de Atanquez del municipio de Valledupar- Cesar.
- Evaluar mediante una prueba piloto la eficiencia de tres concentraciones de Vermicompost utilizada para la recuperación de los suelos degradados por monocultivo en la finca el Sinaí.
- Proponer la alternativa de recuperación de suelo más eficiente según los resultados obtenidos en la prueba piloto.



5 MARCO REFERENCIAL

5.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Carabalí Diego y Mejía Brandon 2020, desarrollaron la investigación titulada restauración de suelos degradados por monocultivo y sobrepastoreo, por medio de plantación de guandú (*cajanus cajan*) y ajonjolí (*sesamum alatum*). granja piloto-universidad popular del cesar; para optar el título de ingeniero ambiental y sanitario en la universidad popular del cesar con la finalidad de darle solución a la restauración en suelos degradados por monocultivo dentro de un área de bosque seco tropical, esta investigación se desarrolló en 3 fases; **Fase 1:** El autor caracterizó los parámetros fisicoquímicos de las muestras tomadas del área afectada por monocultivo. **Fase 2:** en esta etapa el autor implementó las especies de guandú (*cajanus cajan*) y ajonjolí (*sesamum alatum*). **Fase 3:** por último el autor evaluó el porcentaje de restauración donde plantamos las especies seleccionadas.

En los resultados de la investigación el suelo (testigo) presentó una textura arcillosa, con un ph de 7,28 y niveles bajos de nitrógeno total (n), boro (b), sodio (na) y hierro (fe). Finalizado el proceso de germinación y muestreo de las 3 especies de plantas estas presentaron una buena adaptación al suelo, el tratamiento más eficiente fue el tratamiento a, con las plantas de guandú, mostró un mejor comportamiento del suelo, en términos de textura, pH, macronutrientes como nitrógeno (n) que pasó de 0,00968% a un porcentaje de 0,29% y fósforo (p) que pasó de 55,19 mg/kg a 102,16 mg/kg. De igual manera se obtuvieron buenos resultados en nutrientes secundarios, tales como calcio (ca), magnesio (mg), sodio (na), hierro (fe) y boro (b). Asimismo, la capacidad de intercambio catiónico del suelo, se observó mejor en el tratamiento a, con un valor de 21,08 meq/100g.¹⁰

Vázquez Jacinto & Loli Oscar 2019, desarrollaron la investigación titulada Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila Paniculata* en la Universidad Católica de Cuenca con la finalidad de evaluar el efecto de incorporar vermicompost en comparación con compost, de procedencia común, preparados en base de residuos de podas de

¹⁰ (Carabalí & Brandon, 2020)

jardín y estiércol vacuno, en las propiedades de un suelo de Ecuador, explotado por dieciocho años con monocultivo de *Gypsophila Paniculata*. Se llevó a cabo en tres etapas: **Etapas 1:** Se caracterizaron las enmiendas en forma de compost y vermicompost mediante análisis físicoquímico, para la determinación de pH y C.E, se preparó una pasta saturada con 50 g de enmienda, se tomó la lectura directa con el potenciómetro Consort modelo C1020, para la Humedad se utilizó el método gravimétrico, el porcentaje de MO se obtuvo por calcinación. **Etapas 2:** Se empleó el Diseño Completos al Azar (DCA), conto con 9 tratamientos (cuatro dosis 0,25% - 0,50% - 1,00%, - 2,00 % en peso de COM y VER con un testigo) y 4 repeticiones, lo que dio un total de 36 unidades experimentales y se utilizó para cada una de estas, una maceta con 1,5 kilogramos del suelo tamizado, sembrada con una planta de *Gypsophila*, para determinar las diferencias estadísticas de altura de tallo en cm y peso seco de tallo en g, mediante la prueba de hipótesis margina LSD Fisher (Alfa: 0,05) del Modelo Lineal General Mixto del programa estadístico InfoStat/E **Etapas 3:** Se determinaron características físicas y químicas del sustrato de la cosecha 1 y cosecha 3. En los resultados de esta investigación se evidencio que el compost muestra valores más altos con, pH 6,87, C.E. 12,70 dS/m y MO 40,73%, en tanto que el porcentaje de humedad es mayor para el vermicompost con 42,69%. Como resultado se encontró que el vermicompost presenta mejores índices de calidad, dados por su menor valor de pH, menor salinidad, menor concentración de sodio y una mayor humedad retenida, que lo convierten en un sustrato más adecuado para ser utilizado en la agricultura.¹¹

Páez Karen & Martínez Miguel, 2019 desarrollaron la investigación titulada aporte a la evaluación preliminar de la eficiencia de tres bioensayos para la recuperación por agroquímicos en la finca Las Mercedes municipio de Madrid, departamento de Cundinamarca; para optar el título de Ingeniero Ambiental en la universidad de Cundinamarca con la finalidad de evaluar tres tratamientos (Gallinaza, Residuos sólidos. Residuos Sólidos + residuos plazas) esta investigación se llevó a cabo en las siguientes actividades: Área de estudio, diagnóstico, campo, selección de tratamientos, laboratorio y

¹¹ (Vasquez & Loli, 2019)

evaluación de resultados, para posteriormente realizar el análisis de resultados y determinar la mejor alternativa para el manejo del suelo de la finca Las Mercedes.

De los bioensayos analizados se concluyó que el tratamiento 3, elaborado 100% a base de gallinaza fue el menos eficiente ya que en sus resultados mostro el mayor contenido de metales pesados, bajos contenidos de bases y respecto al blanco subió el contenido de Coliformes totales y E. Coli. Por otro lado. El tratamiento 1 no mostro cambios significativos y su comportamiento en cuanto a los metales, las bases, los Coliformes y la E. Coli se mantuvo estable, finalmente se logra evidenciar que el tratamiento 2 fue el más idóneo para el suelo ya que sus resultados mostraron que los metales pesados no tuvieron contenidos elevados, mostro mayor contenido de bases, en la E. Coli y Coliformes totales tuvo menor concentración con respecto al tratamiento 3.¹²

Mogollón José, Martínez Alicia & Torres Duilio, 2016. Desarrollaron una investigación titulada Efecto de la Aplicación de Vermicompost en las Propiedades Biológicas de un Suelo Salino-Sódico del Semiárido Venezolano en la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" (UCLA), con la finalidad de evaluar el efecto de un vermicompost sobre las propiedades biológicas de un suelo salino-sódico, esta investigación se llevó a cabo en 4 etapas, etapa 1: Identificación del área a trabajar. Etapa 2: Se seleccionaron suelos pertenecientes a la serie El Jebe, la cual está conformada por aproximadamente 500 ha y clasificada como Typic Haplargids, de textura predominantemente arcillosa y altos contenidos de sales (Rodríguez et al., 2009). Etapa 3: Selección del Vermicompost evaluado evaluado el cual fue elaborado por la lombriz roja californiana utilizando un sustrato consistente de restos de alimentos, broza del café, pseudotallos de plátano y estiércol equino, los cuales fueron previamente precompostados en una pila durante 20 días, y luego sometidos al vermicompostaje durante 60 días. Etapa 4: Se estableció un diseño completamente aleatorio en el que se evaluaron 4 tratamientos con 12 repeticiones; la unidad experimental constó de un recipiente de plástico de 250 mL de capacidad, que contenía 100 g de la mezcla suelo: vermicompost, los resultados de la investigación presentan los valores promedio de las propiedades del vermicompost y del suelo utilizado. El suelo mostró un pH de

¹² (Martinez & Paez, 2019)

8,30 y conductividad eléctrica (CE) de 3,48 dS·m⁻¹, lo cual junto al alto valor del porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de 66,2 permiten clasificarlo como un suelo salino-sódico. Según Fuentes (1999), este tipo de suelo presenta valores de CE (en relación suelo:agua 1:2) mayores a 1,6 dS·m⁻¹ y PSI mayor a 15. Como conclusión se observó un aumento del carbono orgánico del suelo en todos los tratamientos evaluados, encontrándose los valores más altos con el tratamiento de 10 % de vermicompost (T4). Los valores del carbono de la biomasa microbiana y de la actividad ureásica siempre fueron mayores en la medida que la dosis de vermicompost aumentó. La aplicación de vermicompost en las dosis más altas (5 y 10 %) produjo valores del índice microbiano mayores al 5 %, lo cual indica que la incorporación del vermicompost a los suelos aumentó la disponibilidad de carbono fácilmente mineralizable.¹³

José Mogollón, Alicia Martínez & Duilio Torres Desarrollaron una investigación titulada Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano en la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" (UCLA), con la finalidad de evaluar el efecto de un vermicompost, elaborado con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), y sustrato de restos de alimento, broza de café, pseudotallos de plátano y estiércol equino en las propiedades de un suelo salino-sódico del Cebollal de Coro, municipio Miranda, estado Falcón, Venezuela esta se desarrolló en cuatro etapas; Etapa 1: Área de Estudio y toma de muestras, las muestras de suelos fueron tomadas de la serie El Jebe, clasificados como Typic Haplargids, de textura arcillosa y altos contenidos de sales (Rodríguez et al., 2009) en la finca Los Hurtado (1.255.647.95 N y 415.918.77 E) y representativos de 5386 ha dedicados, principalmente al cultivo de hortalizas. Etapa 2: Vermicompost, el vermicompost utilizado provino de la finca El Pozón localizada en el Municipio Petit, Estado Falcón. Para la elaboración del vermicompost se utilizó la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Etapa 3: Diseño del Experimento, en un diseño completamente aleatorio se evaluaron dosis de 1%, 5% y 10% (p/p) y doce repeticiones sobre las variables relacionadas con salinidad (pH, CE, cationes cambiabiles, PSI). Etapa 4: Se determinaron los diferentes parámetros químicos

¹³ (Mogollon, Martinez, & Torres, 2015)

como Ph, CE, Co. Los resultados obtenidos en la investigación arrojaron que con la aplicación de 10% de vermicompost, en un período de incubación de 28 días fue posible amortiguar de manera parcial la sodicidad de un suelo salino-sódico, como resultado de la reducción de la conductividad eléctrica. Con la aplicación de 10% de vermicompost se observó una reducción significativa del pH en el suelo después de 28 días de incubación. Con la aplicación de vermicompost en dosis de 5% y 10% se redujo el sodio intercambiable en el suelo, en valores equivalentes de 40% y 47%, respectivamente.¹⁴

¹⁴ (Mogollon, Alicia, & Duilio, 2015)



5.2 MARCO TEORICO

5.2.1 EL SUELO

Es el medio natural que proporciona a las plantas el sostén físico, agua y nutrientes para su desarrollo. Sin embargo, con frecuencia estos nutrientes se encuentran en cantidades insuficientes, o bien están en proporción desbalanceada, lo cual evita que se obtengan los rendimientos máximos potenciales. En ocasiones también ocurre que un elemento se encuentra en el suelo, pero en forma tal que no es aprovechable; es decir, no puede ser absorbido por las raíces de las plantas. La caña de azúcar no exige ningún tipo específico de suelo y puede ser cultivada exitosamente en diversos tipos de éste, desde los arenosos a los franco-arcillosos y arcillosos, además de un pH que oscile entre 5.5 y 7.8 para su óptimo desarrollo. En pH extremo, el fósforo reacciona con iones como el calcio, hierro y aluminio, provocando su precipitación o fijación, lo que disminuye su disponibilidad (Mora, 2011).¹⁵

Las condiciones ideales de suelo para el cultivo de la caña de azúcar son: suelo bien drenado, sin problemas de salinidad, profundo, franco, con una densidad aparente de 1.1 a 1.2 g/cm³, con un adecuado equilibrio entre los poros de distintos tamaños, con porosidad total superior a 50%; una capa freática bajo los 1.5 a 2 m desde la superficie y una capacidad de retención de la humedad disponible de 15% o superior (15 cm por metro de profundidad del suelo), características que deben permanecer al menos en los primeros 50 cm del suelo, donde se localiza la mayor cantidad de raíces.

Es preferible que los suelos sean fértiles, que no muestren problemas de deficiencia o desbalances minerales; sin embargo, si presentan niveles de fertilidad bajos, pero las características físicas son buenas, se puede solucionar agregando los nutrimentos requeridos (Subirós, 2000), de acuerdo a un análisis previo de donde se desea establecer o mantener el cultivo.

5.2.2 MUESTREO DE SUELOS

Proceso de muestreo con palín o pala para análisis químico y físico de suelo, muestra disturbada de suelo (Figura 1).¹⁶

¹⁵ (Sagarpa, 2015)

¹⁶ (AGROSAVIA, 2019)



*Figura 1. Proceso de muestreo con palín o pala para análisis químico y físico de suelo, muestra disturbada de suelo.
Fuente: (AGROSAVIA, 2019).*

En el sitio seleccionado para tomar la muestra se debe limpiar la superficie con la pala o palín, para quitar el material vegetal entre otras cosas, para permitir que el suelo quede limpio de esos materiales.

- ❖ Hacer un hoyo con la pala o palín, de acuerdo a la profundidad establecida, este hoyo puede ser cuadrado o en V, para facilitar la toma de la muestra.¹⁷
- ❖ Tomar la muestra de la pared del hoyo: esto es debido a que se quiere representar la profundidad escogida de acuerdo al cultivo, si se toma del fondo del hoyo, se estaría tomando una muestra inadecuada para representar la profundidad deseada, inmediatamente la muestra está en la pala se debe eliminar bordes para evitar contaminación.¹⁸
- ❖ Colocar la muestra en un balde, repetir los anteriores pasos para el número de sub-muestras seleccionadas para el lote, colocarlas en el balde y mezclar tratando de homogeneizar la muestra, preferiblemente usar guantes o una bolsa nueva para realizar este paso.¹⁹
- ❖ Después de mezclar las sub-muestras tomadas en el lote, se debe tomar una porción aproximada de 1kg de suelo para análisis químico, 1kg de suelo para análisis físico.²⁰

¹⁷ (AGROSAVIA, 2019)

¹⁸ (AGROSAVIA, 2019)

¹⁹ (AGROSAVIA, 2019)

²⁰ (AGROSAVIA, 2019)

- ❖ La porción tomada de acuerdo al análisis, debe colocarse en doble bolsa de plástico limpia, y entre bolsa y bolsa se debe colocar el formato de solicitud diligenciada, o la información que el formato pide para los análisis y se lleva la muestra a laboratorio.²¹

5.2.3 PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS DEL SUELO

PARAMETROS	CONCEPTO
Color	El color del suelo depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes. ²²
Textura del suelo	Es la proporción relativa de los diferentes tamaños de partículas (arena, limo y arcilla) presentes en la masa del suelo. Es importante por la influencia que ejerce en la cantidad de agua que puede almacenar el suelo. ²³
Densidad del Suelo	Se refiere al peso por volumen del suelo. Existen dos tipos de densidad, real y aparente. La densidad real varía con la proporción de elementos constituyendo el suelo y está alrededor de 2,65. Una densidad aparente alta indica un suelo compacta y la baja no indica necesariamente un ambiente favorecido para el crecimiento de las plantas. ²⁴
Porosidad del Suelo	El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. ²⁵
El pH del Suelo	El pH (potencial de hidrógeno) determina el grado de adsorción de iones (H ⁺) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. El valor del pH en el

²¹ (AGROSAVIA, 2019)

²² (FAO, 2021)

²³ (FAO, 2021)

²⁴ (FAO, 2021)

²⁵ (FAO, 2021)

	suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino). La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos y para los cultivos agrícolas el valor del pH ideal se encuentra en 6,5. ²⁶
Carbono Orgánico del Suelo	La vegetación fija el carbono de la atmosfera por fotosíntesis transportándolo a materia viva y muerta de las plantas. Los organismos del suelo descomponen esta materia transformándola a Materia Orgánica del Suelo (MOS). El carbono se libera de la biomasa para la MOS, en organismos vivos por un cierto tiempo o se vuelve a emitir para la atmosfera por respiración de los organismos (organismos del suelo y raíces) en forma de dióxido carbono, CO ₂ , o metano CH ₄ , en condiciones de encharcamiento en el suelo. ²⁷
Nitrógeno del Suelo	Es uno de los elementos de mayor importancia para la nutrición de las plantas. Se asimila por las plantas en forma catiónica de amonio NH ₄ ⁺ o aniónica de nitrato NO ₃ ⁻ . ²⁸
Fósforo del suelo	El fósforo es vital para el crecimiento y la salud de las plantas. Asiste en la conversión de la energía del sol y otros químicos, como el nitrógeno, en comida apropiada para las plantas. Una deficiencia de fósforo hará que las plantas luzcan raquíticas y enfermas y que produzcan flores y frutas de baja calidad. El fósforo debe ser mezclado con agua para que las plantas lo puedan absorber. Este se combina con otros químicos para formar el hierro. El fósforo (P) se une al hidrógeno (H) y al oxígeno (O) para crear una solución para el suelo. Una vez que se forma la solución, las plantas la absorben por medio de los sistemas de raíces. ²⁹

*Tabla 1. Parametros fisicos y quimicos del suelo.
Fuente: (Fao, 2013, & Gruposacsa, 2016)*

²⁶ (Fao, 2013)

²⁷ (FAO, 2021)

²⁸ (FAO, 2021)

²⁹ (Gruposacsa, 2016)

5.2.4 VERMICOMPOST

El vermicompost es el proceso de compostar utilizando lombrices y microorganismos. Es un proceso eólico que termina en la estabilización de la materia orgánica. Al igual que el compost maduro, el producto final es materia orgánica, pero son las lombrices quienes realizan el proceso con ayuda de los microorganismos (Lazcano, 2008).³⁰

Durante este proceso, minerales insolubles son solubilizados, quedando disponibles para las plantas cuando el vermicompost es aplicado al suelo. Igualmente, otros compuestos orgánicos complejos, como la celulosa, son parcialmente degradados a compuestos más simples por las bacterias presentes en el tracto digestivo de la lombriz, aumentando la disponibilidad de N.

Para la obtención de vermicompost, la especie de lombriz que comercialmente más se emplea es Eisenia foetida conocida comúnmente como la lombriz roja californiana, a pesar de ser originaria de Europa. Recibe la especie el nombre de foetida por el olor de los exudados que produce, los cuales presumiblemente son una adaptación antipredadores. Esta especie de lombriz, es muy hábil en su alimentación, de forma que cada 24 horas consume alimento correspondiente a su propio peso al día. La lombriz obtiene su alimento a partir de materiales orgánicos vegetales, animales o mixtos, frescos o en diferente estado de descomposición, para producir más biomasa de lombriz (crecimiento y nuevas lombrices) y estiércol. Esta especie requiere de altas concentraciones de materia orgánica para su alimentación, y de igual forma requiere de ciertas condiciones ambientales como una temperatura óptima de 19-25°C, con humedad del 80%, pH de 6,5-7,5 y baja luminosidad. La supervivencia de la lombriz depende de la cantidad de materia orgánica en el medio, disminuyendo la supervivencia según baja el porcentaje de materia orgánica.³¹

5.2.4.1 BENEFICIOS DEL LOMBRICOMPOST

- El lombricompost adiciona materia orgánica estabilizada al suelo.

³⁰ (Fao, 2013)

³¹ (Fao, 2013)

- Aumenta la porosidad del suelo: esto mejora la aireación, permeabilidad y drenaje de los suelos.³²
- Contiene enzimas y metabolitos que participan en la transformación de la materia orgánica (Román et al 2013).
- Aumenta la retención de agua.³³
- Mejora el estado biológico del suelo (Edwards et al 2011).
- Ayuda a retener los nutrientes de la fertilización para que éstos no se pierdan a través de lavado o lixiviación.
- El lombricompost contiene hormonas, enzimas y otros metabolitos que estimulan la germinación, el crecimiento y el desarrollo adecuado de las plantas (Román et al 2013).
- Provee de nutrientes a las plantas en el corto, mediano y largo plazo.
- Aumenta la capacidad de las plantas de resistir y tolerar ataques de patógenos y plagas debido a que se encuentran en buen estado nutricional (Edwards et al, 2011).
- Libera nutrientes por mineralización de iones nitrógeno, fósforo y azufre, disponibles para la nutrición del cultivo.
- Absorbe pesticidas, impidiendo su llegada a los cuerpos de agua.³⁴

PARÁMETROS ESTÁNDAR DE ANÁLISIS DE HUMUS DE LOMBRIZ

³² (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ, 2014)

³³ (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ, 2014)

³⁴ (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ, 2014)





Elemento	Unidad	Rango	
pH		6.8	7.2
Materia Orgánica	%	30	50
CaCO ₃	%	8	14
Cenizas	%	27	67
Carbono Orgánico	%	8.7	38.8
Nitrógeno Total	%	1.5	3.35
Amonio NH ₄ /N	%	20.4	6.1
Nitratos NO ₃ /N	%	79.6	97.0
N-NO ₃	ppm	2.18	1.693
Capacidad de Intercambio cationico CIC	meq/100 grs.	150	300
Relación ácidos húmicos/fúlvicos		1.43	2.06
P total	ppm	700	2.500
K total	ppm	4.400	7.700
Ca total	%	2.8	8.7
Mg total	%	0.2	0.5
Mn total	ppm	260	576
Cu total	ppm	85	460
Zn total	ppm	87	404
Capacidad de retención de agua	c.c./kilo seco	1.300	1.500
Actividad fitohormonal	1 mgr./l de CHS	0.01	
Actividad específica	M ² / gr	700 m ²	800 m ²
Relación C/N		9	13
Flora microbiana	Millones/gr.s.s.	20.000	50.000

Tabla 2. *Parametros estándar de análisis de humus de lombriz*
Fuente: (AGROFLOR, S.f)

5.2.5 FASES DEL COMPOST

A. Fase Mesófila: el proceso de compostaje inicia a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a la actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor.³⁵

B. Fase Termófila o de Higienización: Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, aparecen o actúan microorganismos hemofílicos, esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como Escherichia coli y Salmonella spp. Igualmente, esta fase es importante pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.³⁶

C. Fase de Enfriamiento o Mesófila II: en esta fase la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente,

³⁵ (Fao, 2013)

³⁶ (Fao, 2013)

aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Este proceso requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.³⁷

D. Fase de Maduración: Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

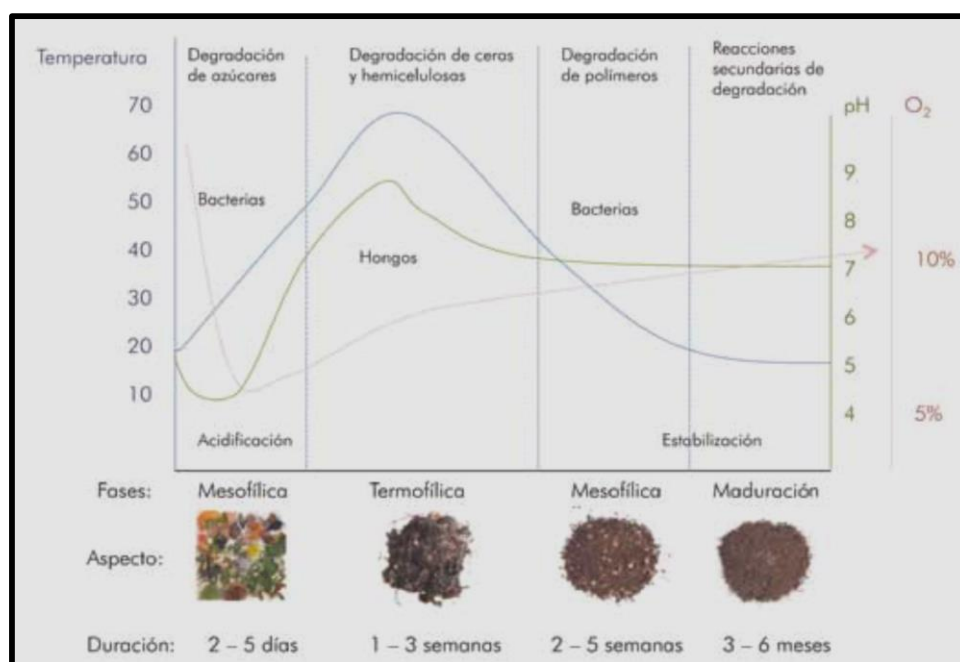


Figura 2. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje

Fuente: P. Román, FAO

5.2.6 Monitoreo durante el compostaje

Ya que el compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, se deben tener en cuenta los parámetros que afectan su crecimiento y reproducción. Estos factores incluyen el oxígeno o aireación, la humedad de substrato, temperatura, pH y la relación C/N.³⁸

³⁷ (Fao, 2013)

³⁸ (Fao, 2013)

Externamente, el proceso de compostaje dependerá en gran medida de las condiciones ambientales, el método utilizado, las materias primas empleadas, y otros elementos, por lo que algunos parámetros pueden variar. No obstante, éstos deben estar bajo vigilancia constante para que siempre esté dentro de un rango óptimo. A continuación, se señalan los parámetros y sus rangos óptimos.³⁹

5.2.7 Oxígeno

El compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termofílica. La saturación de oxígeno en el medio no debe bajar del 5%, siendo el nivel óptimo el 10%.

Un exceso de aireación provocaría el descenso de temperatura y una mayor pérdida de la humedad por evaporación, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua. Las células de los microorganismos se deshidratan, algunos producen esporas y se detiene la actividad enzimática encargada de la degradación de los diferentes compuestos.

Por el contrario, una baja aireación, impide la suficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis. Se producen entonces malos olores y acidez por la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfhídrico (H₂S) o metano (CH₄) en exceso.⁴⁰

5.2.8 Humedad

El rango óptimo de humedad para el compostaje es del 45% al 60% de agua en peso de material base. Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material; una manera sencilla de monitorear la humedad del compost, es aplicar la "técnica del puño"⁴¹

³⁹ (Fao, 2013)

⁴⁰ (Fao, 2013)

⁴¹ (Fao, 2013)

5.2.9 Temperatura

La temperatura tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso. El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente.

Es deseable que la temperatura no decaiga demasiado rápido, ya que, a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización.⁴²

5.2.10 pH

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro.

El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0- 7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2.⁴³

5.2.11 Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)

La relación C/N varía en función del material de partida y se obtiene la relación numérica al dividir el contenido de C (%C total) sobre el contenido de N total (%N total) de los materiales a compostar. Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, desde 35:1 a 15:1.⁴⁴

PARAMETROS DEL COMPOSTAJE

⁴² (Fao, 2013)

⁴³ (Fao, 2013)

⁴⁴ (Fao, 2013)



Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50% - 60%	45%-55%	30% - 40%
Concentración de oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	<25 cm	~15 cm	<1,6 cm
pH	6,5 – 8,0	6,0-8,5	6,5 – 8,5
Temperatura	45 – 60°C	45°C-Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	50%-70%	>20%	>20%
Nitrógeno Total (Base seca)	2,5-3%	1-2%	~1%

Tabla 3. *Parámetros del compostaje*

5.3 MARCO CONCEPTUAL

Abonado: acción o proceso cuya finalidad es hacer que la tierra sea fértil o productiva. Aplicación de fertilizante, ya sea sintético o natural.⁴⁵

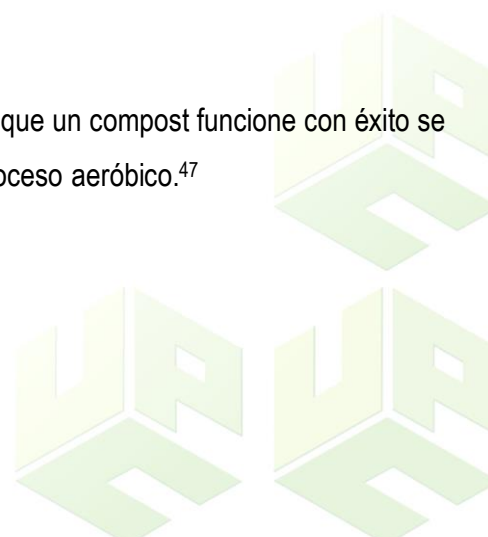
Abono orgánico: el abono orgánico abarca los abonos elaborados con estiércol de ganado, compost rurales y urbanos, otros desechos de origen animal y residuos de cultivos. Los abonos orgánicos son materiales cuya eficacia para mejorar la fertilidad y la productividad de los suelos ha sido demostrada.⁴⁶

Aeróbico: proceso que ocurre en presencia de oxígeno. Para que un compost funcione con éxito se debe proporcionar suficiente oxígeno para que mantenga el proceso aeróbico.⁴⁷

⁴⁵ (Fao, 2013)

⁴⁶ (Fao, 2013)

⁴⁷ (Fao, 2013)



Anaeróbico: proceso que ocurre en ausencia de oxígeno. Si esto ocurre durante el proceso de compostaje, éste se ralentiza y se pueden desprender malos olores, como consecuencia de procesos de pudrición.⁴⁸

Bacterias termófilas: grupo de bacterias que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 40°C a 70°C.⁴⁹

Estiércol: material orgánico empleado para fertilizar la tierra, compuesto generalmente por heces y orina de animales domésticos. Puede presentarse mezclado con material vegetal como paja, heno o material de cama de los animales. Aunque el estiércol es rico en nitrógeno, fósforo y potasio, comparado con los fertilizantes sintéticos sus contenidos son menores y se encuentran en forma orgánica. Puede aplicarse en mayor cantidad para alcanzar las cantidades que necesita el cultivo, pero en general, el nitrógeno es menos estable y está disponible por menos tiempo en el suelo. Es rico en materia orgánica, por lo que aumenta la fertilidad del suelo y mejora su capacidad de absorción y retención de agua.⁵⁰

Humus: materia orgánica descompuesta, amorfa y de color marrón oscuro de los suelos, que ha perdido todo indicio de la estructura y la composición de la materia vegetal y animal a partir de la que se originó. Por tanto, el término *humus* se refiere a cualquier materia orgánica que ha alcanzado la estabilidad y que se utiliza en la agricultura para enmendar el suelo. El producto de la lombriz suele llamarse equivocadamente humus, cuando en realidad debe llamarse vermicompuesto.⁵¹

⁴⁸ (Fao, 2013)

⁴⁹ (Fao, 2013)

⁵⁰ (Fao, 2013)

⁵¹ (Fao, 2013)

Microorganismos mesófilos: grupo de bacterias, y hongos (levaduras u hongos filamentosos) que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 30°C a 40°C.⁵²

Nitrógeno: elemento indispensable para las plantas que puede estar en forma orgánica (proteínas y compuestos orgánicos), o inorgánica (nitrato o amonio).⁵³

Relación C: N: cantidad de carbono con respecto a la cantidad nitrógeno que tiene un material.⁵⁴

⁵² (Fao, 2013)

⁵³ (Fao, 2013)

⁵⁴ (Fao, 2013)





5.4 MARCO CONTEXTUAL

El estudio se llevó a cabo en la comunidad de Atánquez, una de las doce comunidades indígenas que conforman el resguardo indígena Kankuamo. Se encuentra localizado en la vertiente suroriental de la sierra nevada de Santa Marta, está a $10^{\circ}41'52''$ latitud Norte y $73^{\circ}21'10''$ al Oeste de Greenwich, a 40 km al norte de Valledupar, en el departamento de Cesar – Colombia, con una altitud de 1783 metros sobre el nivel del mar, y 32°C de temperatura promedio (Instituto geográfico Agustín Codazzi, 2014).⁵⁵

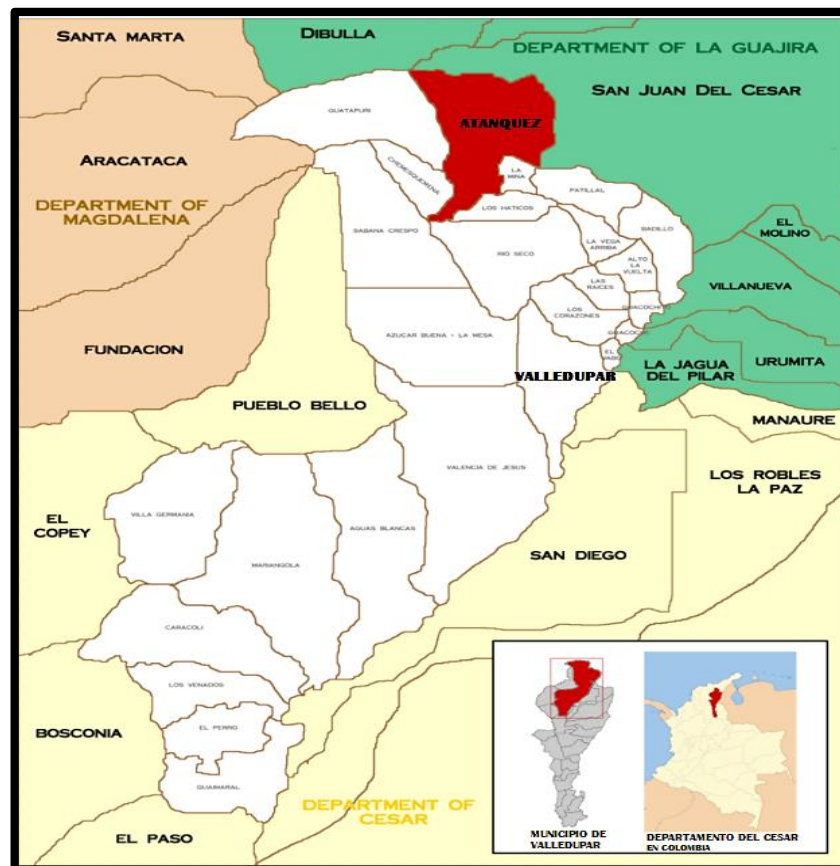
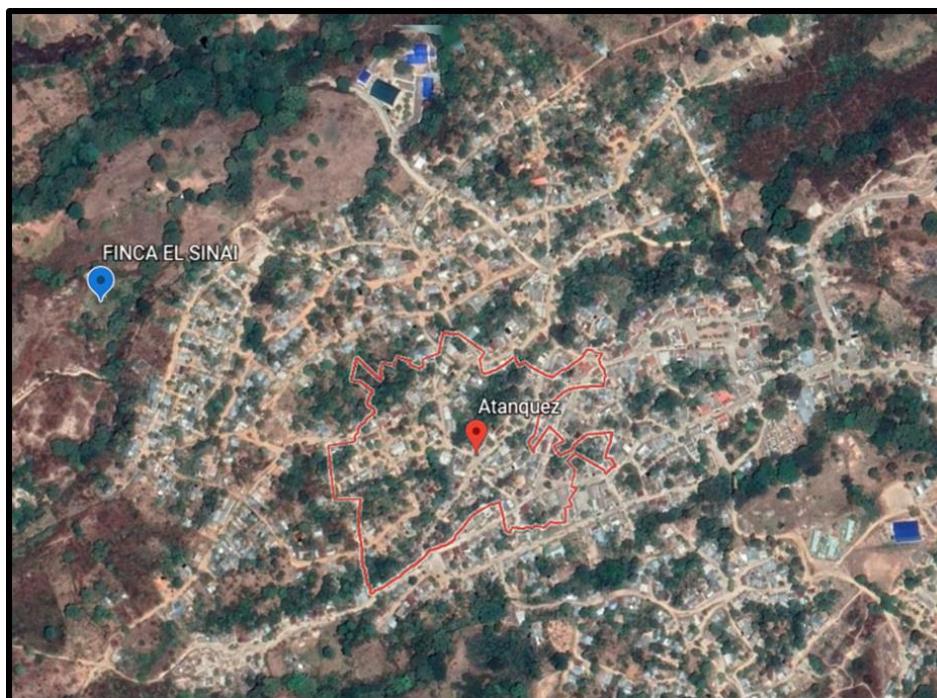


Figura 3. mapa de Valledupar-Cesar
Fuente: Tomada de (Wikipedia 2011)

⁵⁵ (Fragozo & Mejia, 2016)



*Figura 4. Ubicación finca el Sinaí
Fuente: tomada de google Earth 2021*





5.5 MARCO LEGAL

NORMA	ARTICULO	RESUMEN
CONSTITUCION POLITICA COLOMBIANA	Artículo 79°	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
	Artículo 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.
LEY 99 DE 1993	Artículo 2°	Creación y Objetivos del MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Créase el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE como organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de impulsar una relación de respeto y armonía del hombre con la naturaleza y de definir, en los términos de la presente ley, las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección,

		ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la Nación a fin de asegurar el desarrollo sostenible.
LEY 299 DEL 26 DE JULIO DE 1996	Artículo 1°	La flora colombiana. La conservación, la protección, la propagación, la investigación, el conocimiento y el uso sostenible de los recursos de la flora colombiana son estratégicos para el país y constituyen prioridad dentro de la política ambiental.
DECRETO 2811 DE 1974 (Diciembre 18)		Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
RESOLUCIÓN 150 DE 2003		Instituto Colombiano Agropecuario, por la cual se adopta el Reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelo para Colombia.

*Tabla 4. Normativa vigente para la investigación
Fuente: adaptado de la normativa ambiental colombiana, 2021.*



6 MARCO METODOLOGICO

6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de carácter experimental que consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular.⁵⁶

Según la forma en que se llevara el proyecto también se denomina descriptivo definida por Salkind (1998), como la reseña de las características o rasgos de la situación o fenómeno objeto de estudio.⁵⁷

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

El proyecto se enmarca en la línea de Sostenibilidad y gestión ambiental del programa de Ingeniería ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar.

6.2 SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo se relaciona con la Sub línea de investigación denominada Recurso suelo.

6.3 POBLACIÓN DE ESTUDIO

La presente investigación se llevó a cabo en el corregimiento de Atanquez la cual tiene una población aproximada de 6060 habitantes donde se identificaron un total de 760 viviendas aproximadamente, y un promedio de 2 familias y 6 personas por vivienda.⁵⁸

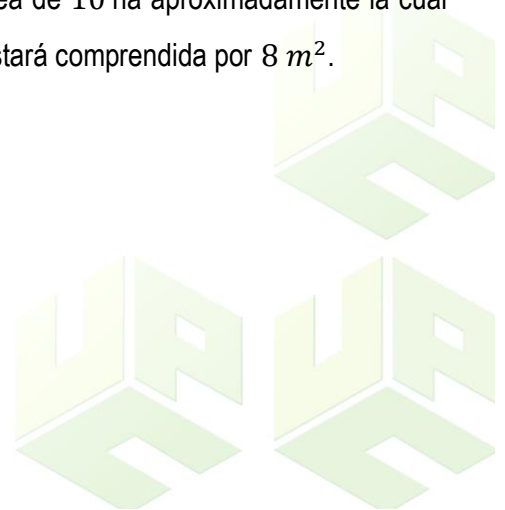
6.4 MUESTRA POBLACIONAL

El muestreo se realizó de manera aleatoria, se escogió un área de 10 ha aproximadamente la cual hace referencia a la finca EL SINAI y un área de trabajo que estará comprendida por 8 m².

⁵⁶ (Van Dalen & Meyer, 1981)

⁵⁷ (Bernal, 2010)

⁵⁸ (Montero, Tahelys, 2017)



6.5 DESARROLLO METODOLOGICO

ETAPA 1: Determinación de los parámetros físicos y químicos en las condiciones actuales del terreno cultivado con caña de azúcar

Actividad 1.1. Reconocimiento de área

Se realizó un reconocimiento de área con el fin verificar la accesibilidad al lugar y recopilar información mediante entrevistas a los líderes de la comunidad y agricultores, por medio de la cual logramos conocer cómo era la vida y el ecosistema de esa área algunos años atrás, los cambios que ha sufrido con el pasar del tiempo y como han influido estos cambios en sus costumbres, su cultura y en su calidad de vida, para las cuales se utilizaron grabadora portátil, cuadernos de apunte, memorándum, lápiz y esferos.

Actividad 1.2. Muestreo y análisis inicial del suelo

La muestra se tomó del área de cultivo explotado por más de 20 años con caña de azúcar, proveniente de la finca EL SINAI, en el corregimiento de Atanquez, se obtuvo una información representativa del área tomando una muestra disturbada de suelo, de acuerdo al cultivo se tomó con una profundidad de 20 centímetros y se realizaron 15 submuestras el cual se colocaron en un balde y se mezclaron con el fin de homogenizar la muestra, posteriormente se tomó una porción de 1kg para análisis químico y 1kg para análisis físico, el cual fue rotulado y enviado al laboratorio, todo esto bajo las indicaciones de la guía de muestreo de suelo de AGROSAVIA. (Corporación Colombiana de investigación agropecuaria). Donde se realizaron los análisis químicos y físicos. Dentro de los análisis químicos se determinaron: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbono organico, fosforo, nitrógeno, azufre, intercambio catiónico, aluminio, calcio, magnesio, potasio y sodio. Y en cuanto a los físicos: textura.

DETERMINACION ANALITICA	UNIDAD	MÉTODO
Análisis Físicos		
Porcentaje de arena (% A)	g/100 g	Método de Bouyoucos
Porcentaje de arcilla (% Ar)	g/100 g	Método de Bouyoucos
Porcentaje de limo (% L)	g/100 g	Método de Bouyoucos
Clase textural	No aplica	Método de Bouyoucos

Análisis químicos		
pH (1:2,5)	Unidades de pH	GA-R-46, versión 05 de 2019-10-02
Conductividad eléctrica (CE) (1:5)	dS/m	NTC 5596:2008 Calidad del suelo: Determinación de la conductividad eléctrica, Método B. Medición en suspensión suelo/agua relación 1:5 (Peso/volumen)
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkey & Black
Carbono Orgánico (CO)	g/100g	GA-R-119 versión 2 2019-09-20
Fosforo (P) Disponible (Bray II)	mg/kg	GA-R-48, versión 05 de 2019-10-02.
Nitrógeno total (NT)	g/100g	Kjeldahl
Azufre (S) disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio
Capacidad Interc Catiónico Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02

*Tabla 5. Parámetros físicos y químicos.
Fuente: (AGROSAVIA, 2021)*

6.5.1 ETAPA 2: Evaluación mediante prueba piloto la eficiencia de tres concentraciones de Vermicompost utilizada para la recuperación de los suelos degradados por monocultivo en la finca el Sinaí.

Actividad 2.1. Elaboración de vermicompost

Se implementaron dos composteras horizontales para el cual fue necesario realizar una excavación con dimensiones de 120 cm de ancho, 180 cm de largo y 40 cm de profundidad.



Figura 5. Excavación de la compostera
Fuente: Los autores, 2022.

Posteriormente se cubrió con plástico para evitar el traslado de lombrices al suelo.



Figura 6. Cubrimiento de la compostera
Fuente: Los autores, 2022.



El vermicompost utilizado como alternativa de recuperación del suelo se realizó con residuos orgánicos obtenidos de los procesos de transformación de la caña de azúcar, tales como bagazo, cachaza y ceniza, además se adiciono estiércol bovino y la lombriz roja californiana.

El procedimiento fue realizado a través de dos composteras horizontales, para lo cual se necesitaron los siguientes materiales:

- Residuos orgánicos del cultivo de caña de azúcar
- Estiércol bovino
- 1 kg de lombriz roja californiana
- Bolsas de Basura
- Pala
- tablas
- Regadera
- Bascula
- Varilla metálica

Los pasos a seguir fueron los siguientes⁵⁹

1. Separación en la fuente de los residuos orgánicos
2. Picar los residuos hasta obtener un tamaño entre 5 y 10 cm, no más pequeño ya que causaría problemas de aireación en la pila
3. Para determinar el número de baldes necesarios de los residuos de implementados en la realización del vermicompost se aplicó una relación de 2:1:1 para una mezcla en las porporciones adecuadas, por lo que se agregaban 20 baldes de residuo de caña, 10 de

⁵⁹ (Alcaldia Mayor de Bogota D.C., 2012)

bovinaza y 10 de ceniza formando capas, hasta llenar la compostera, este procedimiento fue necesario realizarlo 3 veces.



Figura 7. Llenado de la compostera.

Fuente: Los autores, 2022.

4. Humedecer la mezcla hasta obtener la humedad entre el 45 y 60%. Es deseable que la pila tenga una humedad cercana al 60% ya que así se activa más rápido el proceso de degradación.
5. Es necesario garantizar la aireación de la mezcla realizando volteos, lo ideal es realizarlos una vez al día.
6. Se debe revisar y verificar diariamente la temperatura, usando un termómetro para compostaje o una varilla metálica.

Este proceso recibe el nombre de discontinuo porque es un proceso “por cargas”: una vez que se carga la compostera, se debe dejar que el proceso de compostaje finalice para extraer el material

antes de introducir una nueva carga. Este sistema tiene una mejor distribución de la humedad y de la compactación debido a su facilidad para el volteo, obteniéndose un producto bastante homogéneo, aunque en esta actividad el compost será intervenido por las lombrices cuando alcance un estado semi-maduro alrededor de una 6 a 10 semanas.

Incorporación de lombriz para elaboración del vermicompost: Por ultimo para el proceso de vermicompost se agregó 1 kilo de lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*) obtenidas en la granja piloto de la Universidad Popular del Cesar, esta especie es la más utilizada debido a su rápido crecimiento, reproducción y a su habito alimenticio en el cual consume cada 24 horas alimento correspondiente a su propio peso, dando como resultado humus de alta calidad donde obtuvimos una cantidad mayor de minerales solubilizados y mayor disponibilidad de nitrógeno.⁶⁰



*Figura 8. Incorporación de la Eisenia foetida al vermicompost.
Fuente: Los autores, 2022.*

Actividad 2.2. Establecimiento de los ensayos en las parcelas

Para llevar a cabo el procedimiento se desarrollaron unos pasos que influyeron en el éxito del ensayo:

1. Se estableció la ubicación de las parcelas, con pilotes y cuerdas se realizó el encerramiento y división de las parcelas, posteriormente se excavaron con un área de 4m², separadas por

⁶⁰ (Fao, 2013)

pasillos de 50 cm de ancho.

- Con el fin de determinar la cantidad de vermicompost que se debía agregar a las parcela según el porcentaje correspondiente, se calculó el volumen de cada parcela de la siguiente forma:

$$200 \text{ cm} \times 200 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} = 800.000 \text{ cm}^3$$

Una vez obtenido el resultado del volumen de cada parcela se procedió a calcular el volumen según cada porcentaje de vermicompost a agregar:

$$\text{Parcela } 25\% = \frac{800.000 \text{ cm}^3}{25/100} = 200.000 \text{ cm}^3$$

$$\text{Parcela } 50\% = \frac{800.000 \text{ cm}^3}{50/100} = 400.000 \text{ cm}^3$$

$$\text{Parcela } 75\% = \frac{800.000 \text{ cm}^3}{75/100} = 600.000 \text{ cm}^3$$

Para agregar el vermicompost se utilizó un balde en forma cilíndrica, por lo cual fue necesario calcular el volumen del cilindro de la siguiente manera:

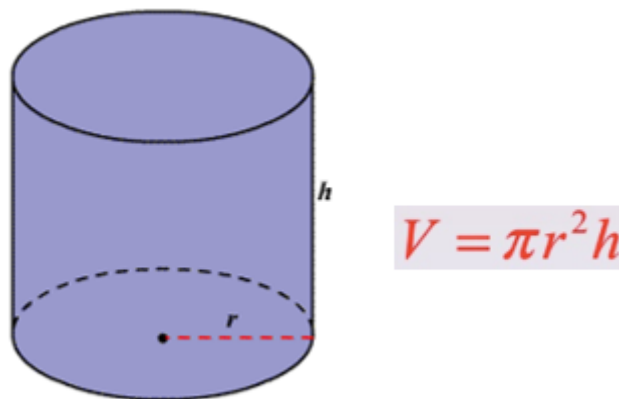


Figura 9. Volumen de un cilindro.
 Fuente: (Promotor, Fernandez, & Sánchez, s.f.)

Radio del balde: 12,5cm

Altura del balde: 36 cm

$$V = \pi(12,5\text{cm})^2 36\text{cm}$$

$$V = 17671,46\text{cm}^3$$

Posteriormente dividiendo el volumen de cada parcela entre el volumen del balde, se procedió a calcular el número de baldes necesarios para completar el porcentaje correspondiente a cada parcela:

$$\text{Parcela } 25\% \frac{200.000\text{cm}^3}{17671,46\text{cm}^3} = 11 \text{ baldes}$$

$$\text{Parcela } 50\% \frac{400.000\text{cm}^3}{17671,46\text{cm}^3} = 23 \text{ baldes}$$

$$\text{Parcela } 75\% \frac{600.000\text{cm}^3}{17671,46\text{cm}^3} = 34 \text{ baldes}$$

Con esto se buscó obtener datos de un comportamiento real en campo, y de esta manera se reduce el porcentaje de pérdida del vermicompost y de la humedad para cada ensayo.

1. Luego se realizó la debida señalización de cada tratamiento descrito anteriormente a través de letreros para su identificación al momento de evaluar el crecimiento de las plantas.
2. Posteriormente se realizó la siembra de 3 semillas para cada ensayo de las cuales se escogió 1, la que presento mayor vigorosidad.
3. El riego fue suministrado en igual medida para todos los ensayos según el requerimiento en cada etapa del crecimiento.

Seguimiento de las parcelas: Se llevó un respectivo seguimiento de las parcelas en un ciclo de dos (2) meses efectuándose un control de medición, donde se superviso el crecimiento y comportamiento

de las plantas utilizadas en los ensayos además para detectar cualquier anomalía, malezas y plagas que puedan afectar el desarrollo de las plantas.

6.5.2 ETAPA 3: Proposición de la alternativa de recuperación de suelo más eficiente según los resultados obtenidos en la prueba piloto.

Actividad 3.1. Diseñar la estrategia de recuperación para el suelo degradado por monocultivo a partir del porcentaje con mayor eficiencia según los resultados de la prueba piloto, realizando la comparación con los requerimientos del cultivo de maíz y teniendo en cuenta las condiciones de relieve y climatológicas en Atanquez, cesar.



6.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

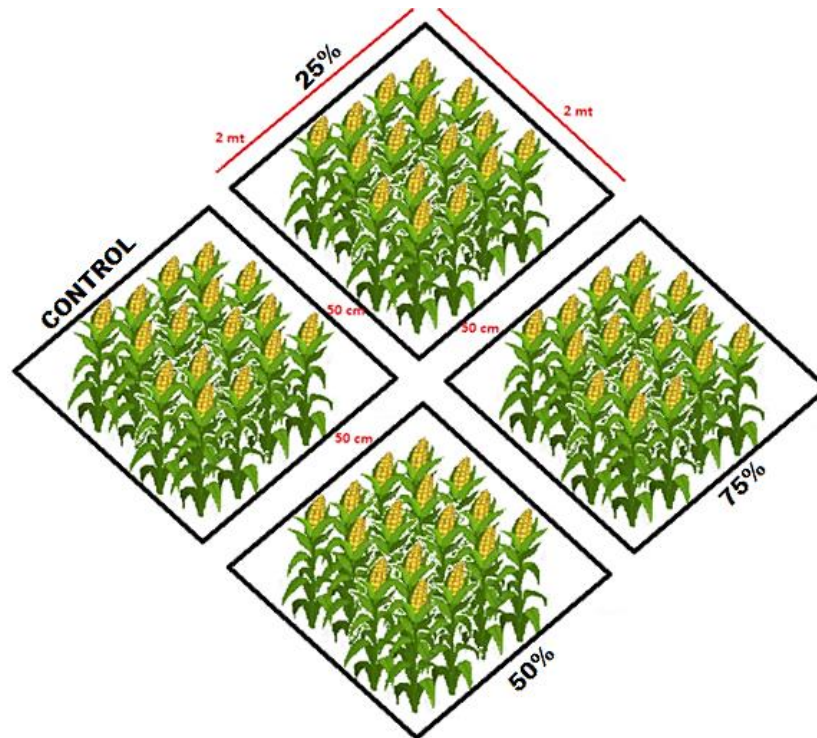


Figura 10. Distribución y área de las parcelas.
Fuente: Los autores, 2022.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos, tres de ellos representados con distintos porcentajes de aplicación del vermicompost (25%, 50% y 75%), y un testigo, cada tratamiento tuvo 16 réplicas. Las parcelas se diseñaron con un área de 4m², separadas por pasillos de 50 cm de ancho. En estos ensayos se evaluó la capacidad de recuperación productiva del suelo con los diferentes porcentajes utilizados, mediante un análisis de crecimiento de plantas de maíz según la metodología utilizada por (Vásquez, J & Loli, O. 2019). En donde se evaluaron las siguientes variables⁶¹:

⁶¹ (Vasquez & Loli, 2019)



- **Primera etapa:** variables asociadas al sustrato: caracterización y análisis de las propiedades físicas y químicas Dentro de los análisis químicos se determinó: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbono orgánico, fósforo, nitrógeno, azufre, intercambio catiónico, aluminio, calcio, magnesio, potasio y sodio. Y en cuanto a los físicos: textura.
- **Segunda etapa:** medición de variables asociadas al crecimiento: germinación, altura, grosor de tallo, tiempo de espigado, tiempo de cosecha y cantidad de kg de maíz producido.⁶²

6.7 Procesamiento y análisis de la información

El análisis de los resultados se realizó a partir de los datos obtenidos en la investigación (resultados de los análisis físicos y químicos de los porcentajes utilizados de vermicompost y el testigo) y la evaluación de crecimiento de las planta en los 16 tratamientos, estos datos fueron procesados mediante del programa libre Infostat y así se pudo determinar cuál de las diferentes concentraciones de enmienda del vermicompost es la ideal tanto técnica como económicamente para realizar el proceso de recuperación.⁶³

⁶² (Monge, 2007)

⁶³ (Vasquez & Loli, 2019)



7 RESULTADOS Y ANALISIS

ETAPA 1: Determinación de los parámetros físicos y químicos en las condiciones actuales del terreno cultivado con caña de azúcar.

Se realizó una toma de muestra disturbada de suelo con palín de acuerdo a la guía presentada por AGROSAVIA y se logró determinar las condiciones físicas y químicas del suelo con monocultivo de caña de azúcar en la finca el Sinai corregimiento de Atanquez, antes de agregar el vermicompost, donde se analizaron los siguientes parámetros. Dentro de los análisis químicos se determinaron: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbono orgánico, fósforo, nitrógeno, azufre, intercambio catiónico, aluminio, calcio, magnesio, potasio y sodio y en cuanto a los físicos: textura.

IDENTIFICACIÓN:	control	ALTURA:	1873m.s.n.m
MATRIZ:	Suelos	PROFUNDIDAD :	20 a 25 cm
VEREDA:	NO INDICA	TIPO DE RIEGO	
FINCA:	EL SINAI	TOPOGRAFIA:	Plano
PRODUCTOR:	NATALIA REDONDO MORALES	DRENAJE:	Regular drenaje
CULTIVO(S):	Maíz variedad NO INDICA con 0 Día(s) de edad		

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Agrosavia con acreditación ONAC vigente a la fecha, con código de acreditación 13-LAB-031, bajo la norma ISO/IEC 17025:2017

El laboratorio tiene acreditación ONAC bajo la norma NTC ISO/IEC 17025 en los ensayos de: pH (GA-R-46 versión 05 de 2019-10-02), Fósforo disponible Bray II (GA-R-49, versión 05 de 2019-10-02), conductividad eléctrica en suelos (NTC 5596:2008, Método B. Medición en suspensión suelo/agua en relación 1:5 (peso/volumen)), cationes intercambiables en suelo calcio, magnesio, potasio y sodio disponibles (GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02), micronutrientes en suelo por Olsen modificado Hierro, Manganeseo, Cobre y Zinc (NTC 5526:2007), determinación de Carbono Orgánico ensuelo (GA-R-119 versión 2 2019-09-20).

FECHA DE RECEPCIÓN: 2022-02-03
 FECHA DE ANÁLISIS: De 2022-02-03 a 2022-02-24
 FECHA DE REPORTE: 2022/02/25

Yeni Rodríguez Giraldo (E6968)
 Coordinador técnico del laboratorio de Química Analítica

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION*
Porcentaje de arena (% A)	g/100 g	Método de Bouyoucos	60.07	
Porcentaje de arcilla (% Ar)	g/100 g	Método de Bouyoucos	21.65	
Porcentaje de limo (% L)	g/100 g	Método de Bouyoucos	18.28	
Clase textural	No aplica	Método de Bouyoucos	F.Ar-A	
pH (1:2,5)	Unidades de pH	GA-R-46, versión 05 de 2019-10-02	5.8	ácido
Conductividad eléctrica (CE) (1:5)	dS/m	NTC 5596:2008 Calidad del suelo: Determinación de la conductividad eléctrica, Método B. Medición en suspensión suelo/agua relación 1:5 (Peso/volumen)	0.22	No salino
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkey & Black	4.36	Medio
Carbono Orgánico (CO)	g/100g	GA-R-119 versión 2 2019-09-20	2.53	
Fósforo (P) Disponible (Bray II)	mg/kg	GA-R-48, versión 05 de 2019-10-02.	34.90	Medio
Nitrógeno total (NT)	g/100g	Kjeldahl	0.23	
Azúfre (S) disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	2.98	Bajo
Capacidad Interc. Catiónico Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo	11.73	Media
Boro (B) Disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	0.29	Medio
Acidez (Al+H)	cmol(+)/kg	KCl	ND	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	8.83	Alto
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	2.52	Alto
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	0.32	Medio
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	<0.14	Normal
Hierro (Fe) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	98.96	Alto
Cobre (Cu) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	2.10	Medio
Manganeseo (Mn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	5.64	Medio
Zinc (Zn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	1.02	Bajo
Saturación de Calcio	%	Cálculo	75	Alto
Saturación de Magnesio	%	Cálculo	21	Medio
Saturación de Potasio	%	Cálculo	3	Medio
Saturación de Sodio	%	Cálculo	1	Normal
Saturación de Aluminio	%	Cálculo	0	Normal

Tabla 6. Resultados de los parámetros físicos y químicos en parcela de control.

Fuente: (Agrosavia, 2022).

❖ Textura

De acuerdo a los resultados del análisis de la prueba física (tabla 6), el suelo cuenta con 60.07% de arena, 21.65% de arcilla y 18.28% el cual establece que tiene una textura franco arcilloso arenoso, estos suelos son de textura moderadamente gruesa, lo cual le otorga algo más de coherencia entre partículas, su capacidad de retención de agua es buena por la presencia de arcilla. Este tipo de suelo no forma figura, son ásperos en la mano, y es un suelo de alta productividad agrícola ya que tienen una textura relativamente suelta propiciada por la arena y una fertilidad aportada por los limos.

❖ pH

Conforme a la interpretación de los resultados de pH se considera un suelo ácido con un valor de 5.8, Si el pH del suelo se encuentra en el rango óptimo, la mayoría de los nutrientes mantiene su máximo nivel de solubilidad. Por debajo de este rango, pueden presentarse deficiencias de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio.⁶⁴

❖ Materia orgánica (MO)

De acuerdo a los valores obtenidos de materia orgánica, el suelo presenta un valor medio (4.36), lo que influye en afectaciones de la estructura física del suelo, la fertilidad del mismo se va a ver afectada, el desarrollo de los cultivos será un poco más lento y tendrá deficiencia en la capacidad de almacenar nutrientes los cuales favorecen productividad.⁶⁵

❖ Fosforo (P)

El fósforo obtuvo un valor de 34.90, por lo que se interpreta que este se encuentra con un rango medio, los suministros insuficientes de fósforo en la planta causa severos daños en: crecimiento vegetativo, expansión de las hojas, órganos reproductivos, iniciación floral y número de flores, formación de semillas y germinación de semillas.⁶⁶

⁶⁴ (FERTILAB, 2022)

⁶⁵ (Herrera & Portillo, 2021)

⁶⁶ (INTAGRI, 2017)

ETAPA 2: Evaluación mediante prueba piloto la eficiencia de tres concentraciones de Vermicompost utilizada para la recuperación de los suelos degradados por monocultivo en la finca el Sinái.

En las parcelas con concentraciones de 25%, 50% y 75% se tomaron muestras disturbadas de suelo con palín, bajo las condiciones presentadas por la guía de AGROSAVIA, por el tipo de cultivo las muestras fueron tomadas con una profundidad de 20 centímetros y se realizaron 15 submuestras el cual se colocaron en un balde y se mezclaron con el fin de homogenizar la muestra, posteriormente se tomó una porción de 1kg para análisis químico y 1kg para análisis físico, el cual fue rotulado y enviado al laboratorio AGROSAVIA, donde se analizaron parámetros físicos y químicos dentro de los cuales se encuentran: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbono organico, fosforo, nitrógeno, azufre, intercambio catiónico, aluminio, calcio, magnesio, potasio y sodio y en cuanto a los físicos: textura



*Tabla 7. Toma de muestra de suelo
Fuente: autores, 2022.*

❖ **Textura**

En cuanto a la clase textural, los tres tratamientos presentaron porcentajes de arena, arcilla y limo similares, con variaciones mínimas que no alteraron la interpretación del mismo (Ver gráfico 1), por lo que las tres parcelas (25%, 50% y 75%) presentan una textura franco arenosa, este tipo de suelo se caracteriza por un porcentaje mayor de arena y así mismo los porcentajes de limo y arcilla le otorga algo más de coherencia entre partículas.

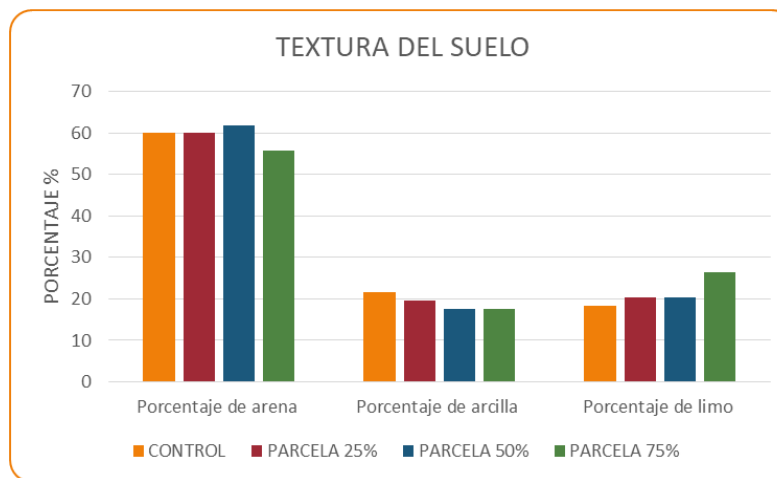
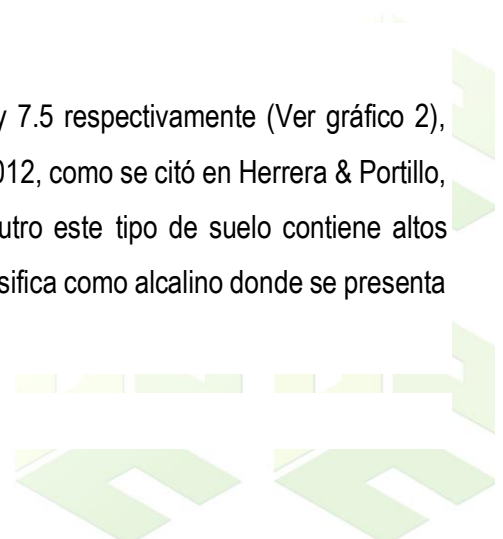
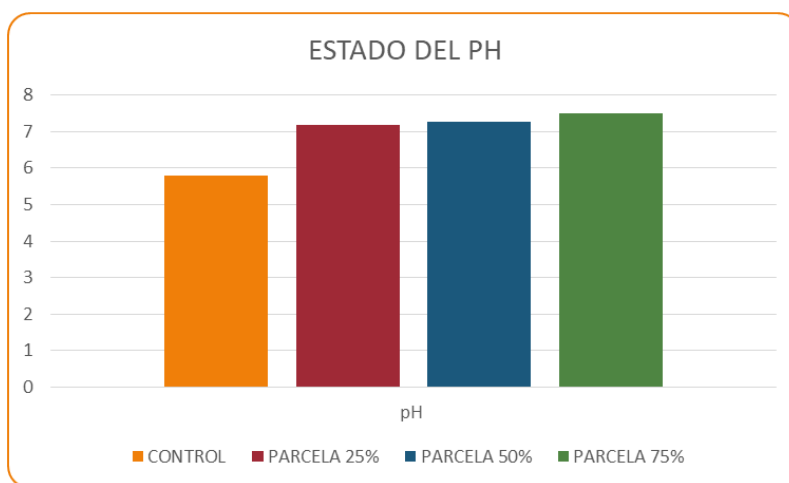


Gráfico 1. Porcentaje de Arena, limo y arcilla en los diferentes tratamientos.
 Fuente: Autores, 2022.

❖ **pH**

Con respecto al pH se obtuvieron valores de 7.18, 7.28 y 7.5 respectivamente (Ver gráfico 2), teniendo en cuenta la categoría de los valores de pH (N, 2012, como se citó en Herrera & Portillo, 2021), el suelo de 25% y 50% puede clasificar como neutro este tipo de suelo contiene altos niveles de Ca y Mg, por otra parte la parcela de 75% se clasifica como alcalino donde se presenta baja disponibilidad de P y micronutrientes.





*Gráfico 2. Estado del pH en las parcelas.
Fuente: Autores, 2022.*

El maíz en general crece bien en suelos con pH entre 5.5 y 7.8. Fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia.⁶⁷ Teniendo en cuenta que el pH es un parámetro que puede influir de forma directa en la disponibilidad de nutrientes del suelo y analizándolo de forma más puntual con el cultivo implementado se puede establecer que se presentaron condiciones necesarias para la absorción de nutrientes del suelo en cuanto a los valores presentados en las tres parcelas con los diferentes porcentajes de vermicompost.

pH	Categoría	Interpretación
< 5.0	Extremadamente ácido	Severa toxicidad por Al y quizá por Mn; Alta probabilidad de deficiencia de P, S, Mo y bases intercambiables; se esperan altos niveles de algunos micronutrientes. Muchos cultivos requieren encalamiento.
5.0-5.5	Fuertemente ácido	Toxicidad moderada por Al y Mn; deficiencia de P, S, Mo y bases; altos niveles de algunos micronutrientes. Muchos cultivos requieren encalamiento.
5.5-6.0	Moderadamente ácido	No se espera la toxicidad por Al; mayor disponibilidad de P, S, Mo y bases. Algunos cultivos susceptibles a la acidez del suelo requieren encalamiento.
6.0-6.5	Ligeramente ácido	Adecuada condición para la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
6.5-7.3	Neutro	Altos niveles de Ca, Mg. Algunos cultivos pueden mostrar deficiencias de micronutrientes. La disponibilidad de P puede ser baja.
7.4-8.0	Alcalino	Baja disponibilidad de P y micronutrientes. Altos niveles de Ca, Mg. El Na puede ser un problema.
> 8.0	Muy alcalino	Severas limitaciones en la disponibilidad de algunos nutrientes. El nivel de Na puede ser tóxico.

⁶⁷ (Deras Flores, 2020)

Castellanos, Z., J. 2013. Presenta los elementos necesarios para las plantas en mayor y menor medida, Elementos principales: Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K). Elementos secundarios: Azufre (S), Calcio (Ca), Magnesio (Mg). Microelementos: Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Boro (B), Molibdeno (Mo), Cobre (Cu).⁶⁸

❖ Nitrógeno

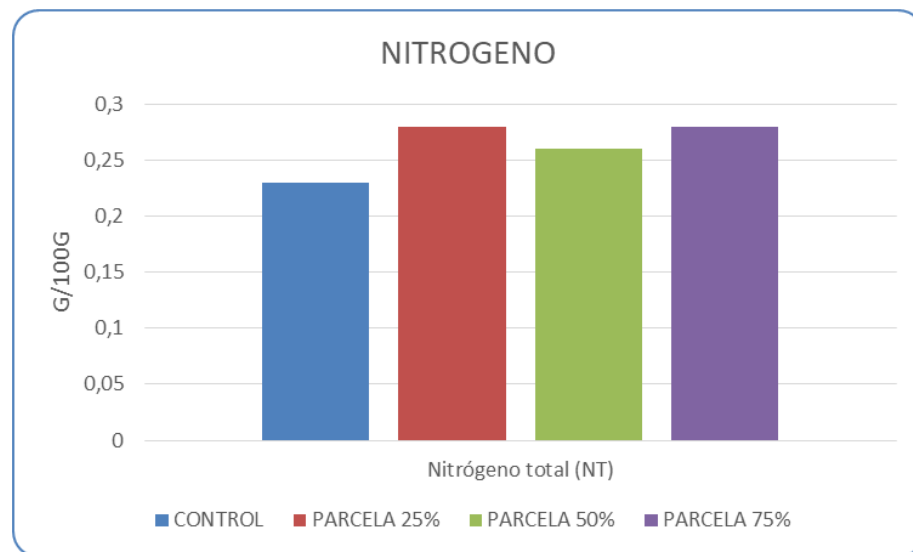


Gráfico 3. Resultados de Nitrógeno presente en las parcelas
 Fuente: Autores, 2022.

El nitrógeno se considera un nutriente limitante en los cultivos de maíz, pues controla la producción al ser el nutriente más requerido por la planta. Un cultivo bien fertilizado tendrá una producción con mejores rendimientos.⁶⁹

En los resultados de nitrógeno total (NT) (Ver gráfico 3) se puede observar que el comportamiento de este nutriente no presentó diferencias notables entre las parcelas, el tratamiento con el 25% y 75%

⁶⁸ (Castellanos, 2013)

⁶⁹ (Cadec S.A., 2018)

manejaron el mismo valor (0.28g/100g), la parcela de 50% obtuvo un 0.26g/100g y por otra parte la parcela de control presentó 0.23g/100g, un valor bajo con respecto a las parcelas con porcentaje de vermicompost.

❖ Fosforo

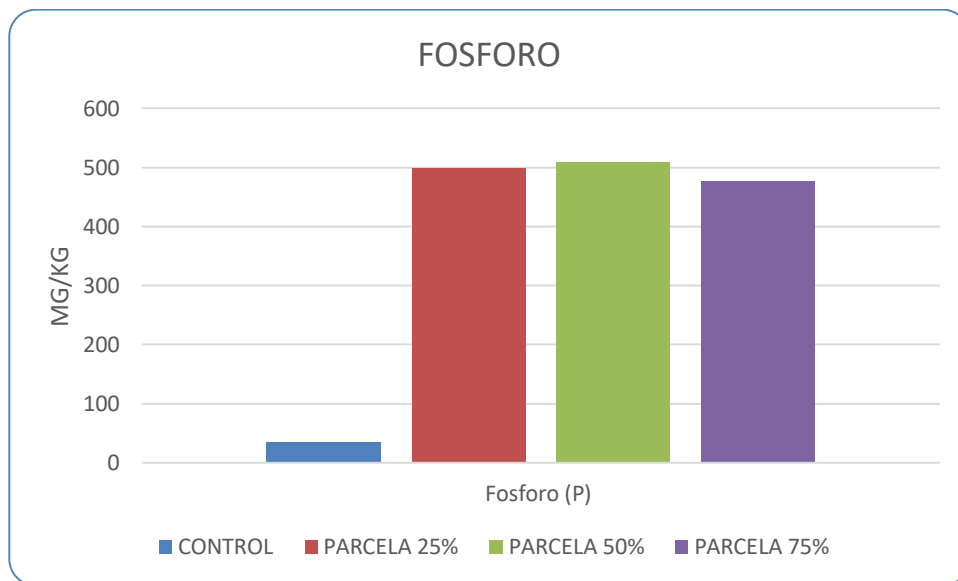


Gráfico 4. Resultados del Fosforo en las parcelas.
 Fuente: Autores, 2022.

El fósforo (P) es el segundo nutrimento mineral en importancia en la agricultura nacional y mundial; la razón es porque el fósforo es un elemento muy reactivo en el suelo y rápidamente pasa a formas más complejas que son de difícil absorción para las plantas.⁷⁰ Teniendo en la gráfica 4, se puede decir que estos manejaron niveles altos en los tres tratamientos, donde el mayor se presentó en la parcela de 50% con un 509.04 mg/kg, seguidamente el tratamiento con 25% con un valor de 499.03 mg/kg y posteriormente el de 75% con 476.62 mg/kg, en comparación la parcela de control presentó un valor notablemente menor de 34.9 mg/kg con respecto a los demás

⁷⁰ (INTAGRI, 2017)

tratamientos lo que nos permite establecer que la adición el vermicompost sirvió para aumentar los niveles del mismo.

❖ **Potasio (K)**

El potasio es el macronutriente encargado de la producción y llenado del fruto, el cual se encontró en una concentración inicial de 0.32 cmol(+)/kg en la parcela CONTROL, con respecto a los tratamientos de 25%, 50% y 75% se considera una concentración baja, la parcela con 75% presento el aumento maximo con un valor de 1.91 cmol(+)/kg sin embargo no presenta una diferencia significativa en comparacion con el tratamiento de 25% con un valor de 1.61 cmol(+)/kg

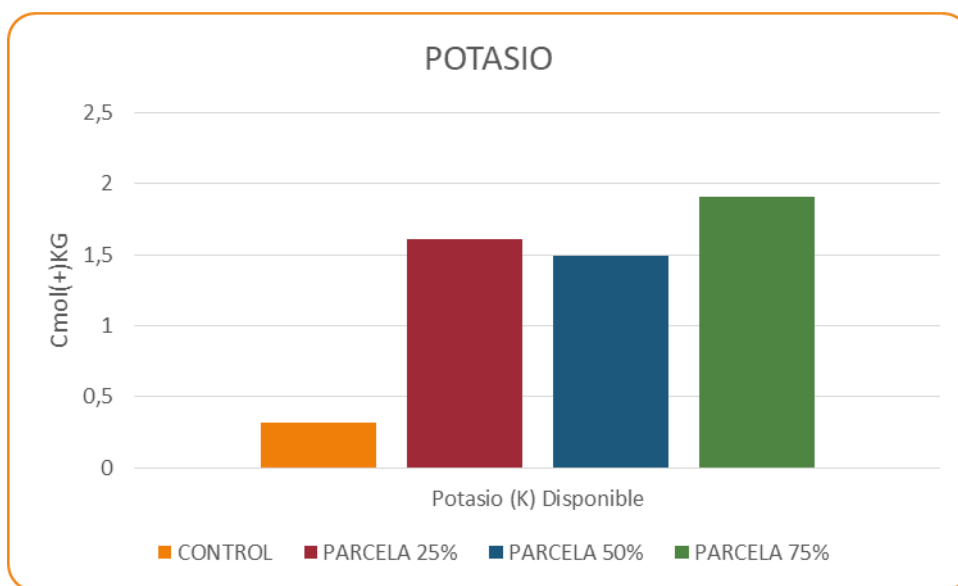
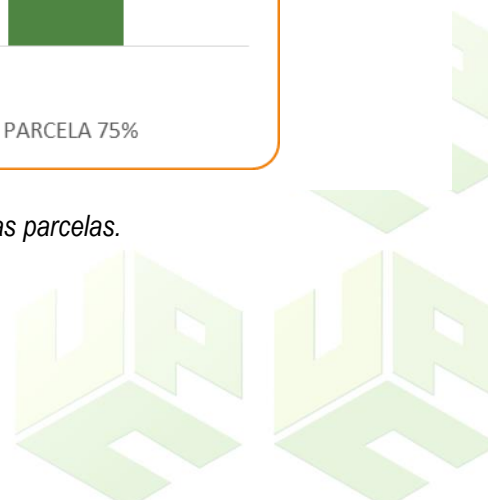
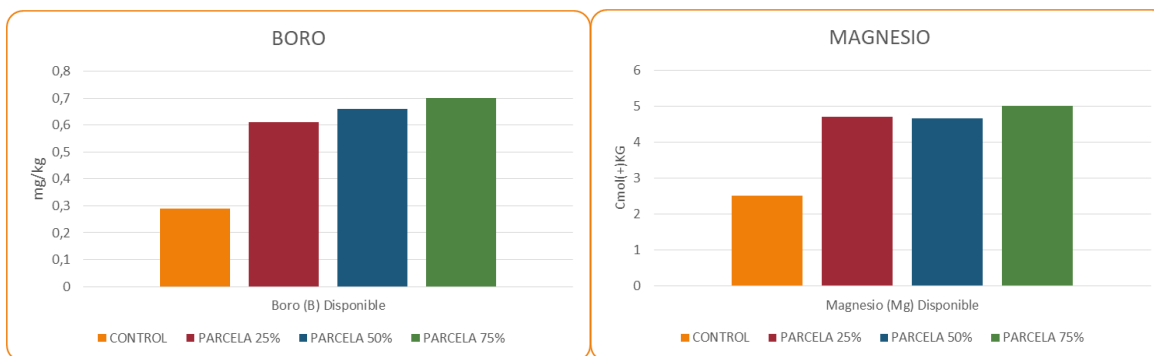


Gráfico 5. Resultados de Potasio en las parcelas.
 Fuente: Autores, 2022.



❖ **Boro (B) y magnesio (mg)**



*Gráfico 6. Resultados de Boro y Magnesio en las parcelas.
Fuente: Autores, 2022.*

Los micronutrientes más importantes que se absorben en cantidades mayores son el Magnesio (mg) y el Boro (B) los cuales son asimilados en las etapas iniciales del tratamiento, el boro se encontró en la parcela CONTROL con un valor de 0.29 mg/kg considerada una concentración muy baja comparada con los otros tratamientos donde la parcela 25% tuvo un 0.61mg/kg la de 50% un 0.66mg/kg y la de 75% un 0.7mg/kg donde se aprecia que los valores en estos tres últimos son muy similares. Lo mismo ocurre con el Magnesio donde las concentraciones del CONTROL y los tratamiento de 25%, 50% y 75% presentaron valores de: 2.52 cmol(+)/kg, 4.7 cmol(+)/kg, 4.66 cmol(+)/kg y 5.01 cmol(+)/kg respectivamente donde no se encontró una diferencia significativa entre estos tres tratamientos.

Evaluación del crecimiento en las pruebas piloto.

Se tomaron datos tales como: altura, grosor del tallo, largo y ancho de la hoja de la planta de maíz, estos datos fueron tomas desde la segunda semana de germinación hasta la séptima semana teniendo en cuenta el ciclo de vida de la planta.

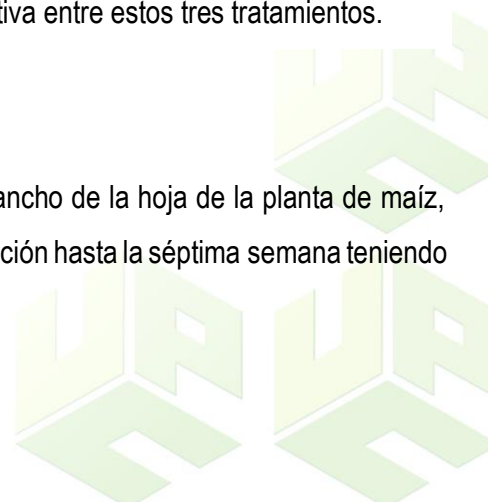




Figura 11. Toma de mediciones ancho y grosor del tallo.
 Fuente: Autores, 2022.

Para un mejor manejo e interpretación de la información se realizó un promedio con las mediciones obtenidas entre la SEMANA 4 Y 7.

- ❖ Graficas obtenidas a partir de los datos de la altura y grosor de la planta.

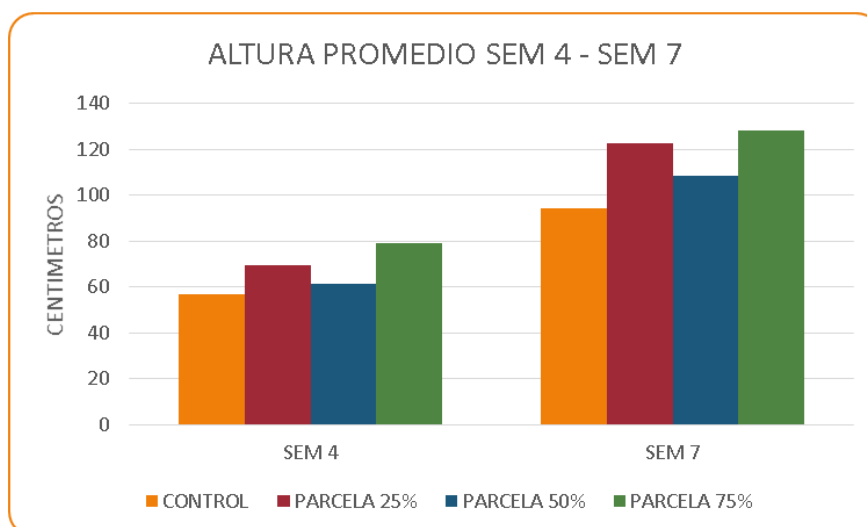


Gráfico 7. Altura promedio de la planta en la semana 4 y 7.

Fuente: Autores, 2022.

Las alturas promedio de los tres tratamientos y la parcela control se encuentran representadas con la SEMANA 4, en la cual el crecimiento de la planta se dio de manera exponencial, esto es debido a que la planta ha captado suficientes nutrientes para iniciar la producción de biomasa de manera eficiente y sostenida en respuesta a su capacidad fotosintética y es donde presenta su máxima exposición foliar y en la SEMANA 7 donde fue tomado el último registro de crecimiento, en esta; se logró evidenciar la máxima altura en la parcela de 75% con un valor de 128 cm y con una diferencia poco significativa está la parcela de 25% con una altura total de 123 cm.

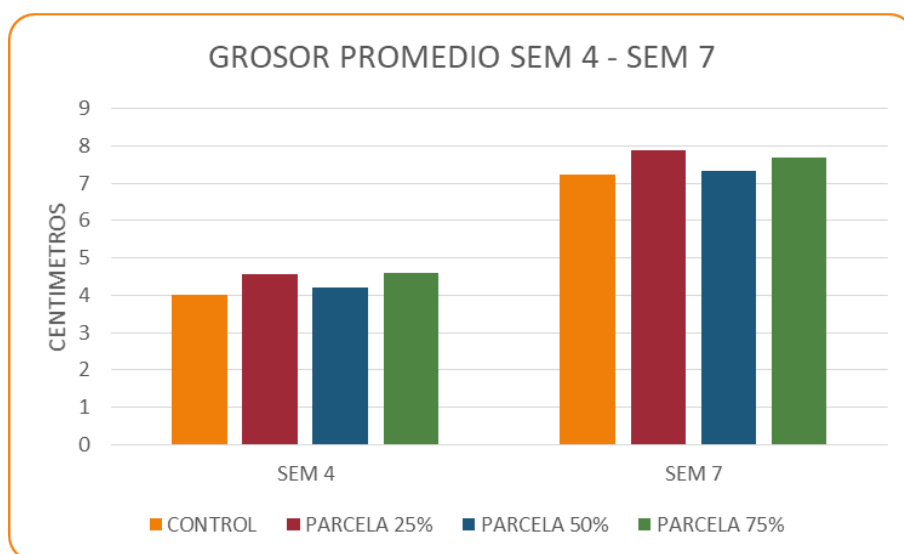


Gráfico 8. Grosor promedio del tallo en la semana 4 y 7.

Fuente: Autores, 2022.

El tallo además de funcionar como soporte, transporta los nutrientes y cumple una función como reserva de carbohidratos, regulando el aporte de azúcares hacia los tejidos, se observó que tanto en LA SEMANA 4 como en la SEMANA 7 la parcela de 25% presentó el valor máximo promedio con un total de 7.9 cm seguido por la parcela 75% con un valor de 7.7 cm.

❖ Gráficas obtenidas a partir de los datos del ancho y largo de la hoja

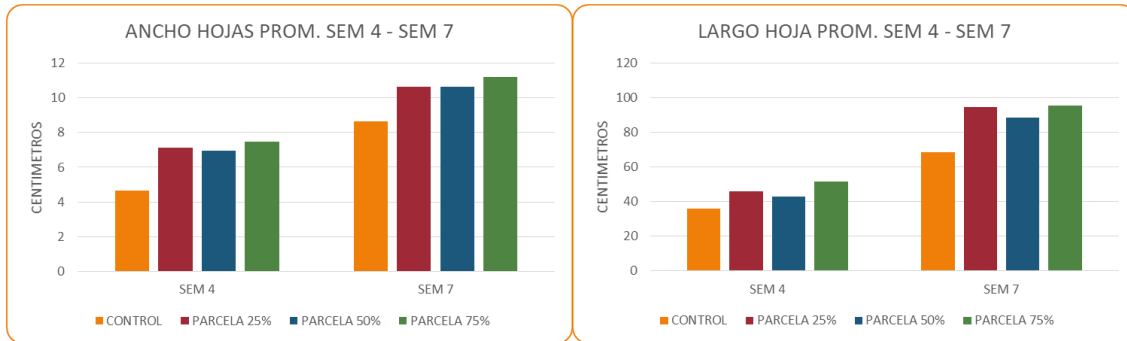


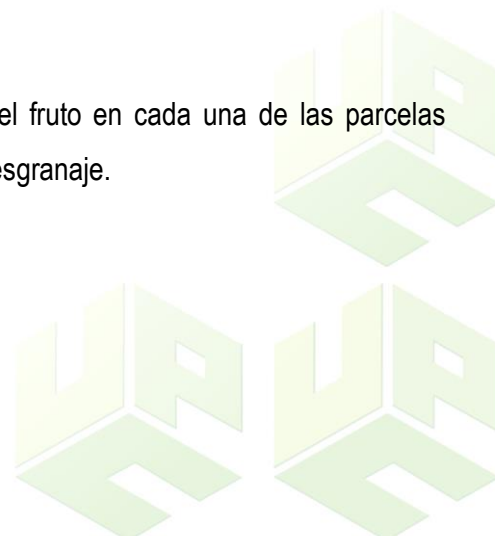
Gráfico 9. Ancho y largo de la hoja en la semana 4 y 7.

Fuente: Autores, 2022.

El ancho y largo de la hoja del maíz cumple con una función importante que es la captación de la radiación solar para el proceso de la fotosíntesis, entre mayor área, mayor capacidad foliar mayor capacidad de captación en el caso del ancho de las hojas, los tres tratamientos presentaron valores muy similares, la parcela de 75% con 11.18 cm, la parcela 50% 10.6 cm y la parcela 25% 10.7 cm y en el caso del largo de la hoja la parcela 75% y 25% presentaron los máximos valores con un total de 95 cm

❖ Producción de maíz.

Finalizada la semana 7 se procedió a realizar la cosecha del fruto en cada una de las parcelas establecidas y posteriormente se hizo el respectivo pesaje y desgranaje.



➤ Control



Gráfico 10. Registro fotográfico de la cosecha en la parcela de control.

➤ 25%



Gráfico 11. Registro fotográfico de la cosecha en la parcela de 25%.

Fuente: Fuente: Autores, 2022.

➤ 50%



Gráfico 12. Registro fotográfico de la cosecha en la parcela de 50%.

➤ 75%



Gráfico 13. Registro fotográfico de la cosecha en la parcela de 75%.

Fuente: Autores, 2022.

Al realizar el análisis de varianza con el peso de la producción (mazorcas) de cada parcela, se encontró diferencias significativas en cada concentración. Donde la parcela CONTROL tuvo una producción de 22 unidades, la parcela 25% de 41 unidades, la del 50% tuvo una producción de 38 unidades y la del 75% tuvo una producción de 35 unidades

La producción del maíz nos dicta que el beneficio que se obtuvo a través del proceso de las diferentes concentraciones de abono utilizadas en esta evaluación, se logró identificar que en cuanto a la cantidad de mazorca y al rendimiento en peso del fruto, la que presento los valores máximos fue la parcela con concentración del 25% con una cantidad de mazorcas de 41 unidades con un peso total de granos de 7,35 Kg.

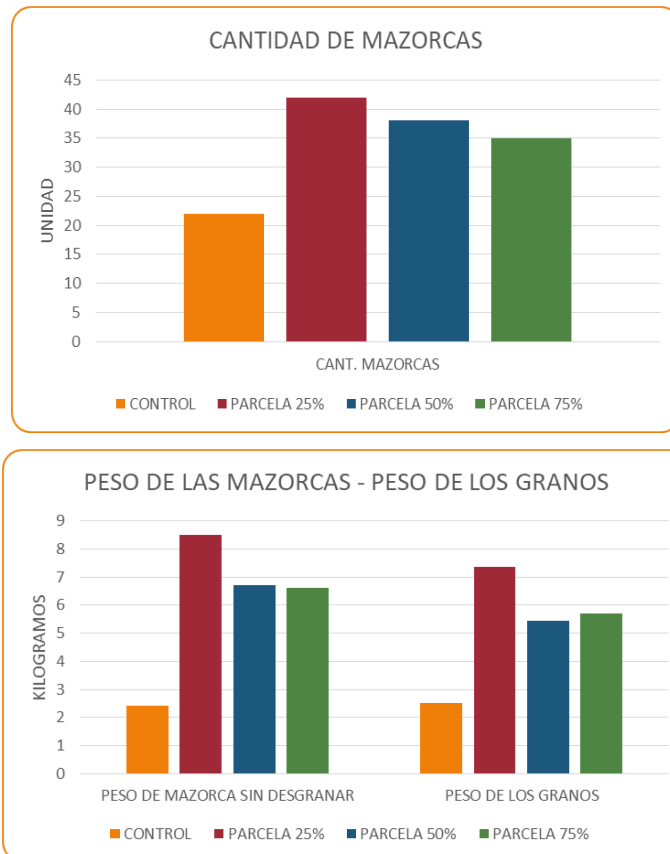


Gráfico 14. Cantidad y peso de la cosecha en cada parcela.

Fuente: Autores, 2022.

ETAPA 3: Proposición de la alternativa de recuperación de suelo más eficiente según los resultados obtenidos en la prueba piloto.

Alternativa de recuperación de suelo más eficiente según los resultados obtenidos en la prueba piloto.

Se identificó el 25% como el tratamiento más eficiente para la recuperación de suelo degradados por monocultivo de caña, esto debido a los resultados arrojados en la prueba piloto donde se evidencia que la cantidad de vermicompost agregado es suficiente para que la planta cumpla con las condiciones necesarias para su crecimiento foliar y productivo.



7. CONCLUSIONES

Inicialmente el suelo se encontraba en condiciones que dejaban expuesta la falta de macro nutrientes y micronutrientes del suelo esto debido al cultivo repetitivo de caña de azúcar en la finca el Sinaí ubicada en el corregimiento de Atanquez, Cesar. Debido a esta acción el suelo presentó un estado de acidez el cual lo limita a absorber los nutrientes necesarios para lograr un buen crecimiento y productividad del mismo.

De la parcela con concentración del 50% de vermicompost se determinó que fue la que menos influyó en el crecimiento foliar de la planta respecto a las otras parcelas de tal manera se puede definir que esta concentración no logró la absorción de los nutrientes disponibles debido a las condiciones de relieve y pH de la parcela.

Se puede concluir que la parcela del 75% mostró un buen crecimiento foliar más no un crecimiento nutritivo, mientras que la parcela del 25% presentó una productividad mayor en cuanto a la parte del cultivo de la planta, es decir que se pudo notar que las plantas absorbieron en cantidades necesarias y lograron un equilibrio de nutrientes como el potasio, nitrógeno y el fósforo que permitió que se presentaran buenas condiciones en cuanto al crecimiento, desarrollo foliar y fruto.

Respecto a las tres parcelas con concentración de vermicompost, la que dio un mejor aporte de nutrientes y la cual permitió mejores condiciones fitosanitarias del cultivo fue la concentración del 25%, por lo que el uso del abono orgánico de vermicompost con este porcentaje resulta ser una alternativa eficiente y a tener en cuenta en los planes de manejo de suelo afectados por monocultivo en el corregimiento de Atanquez.

8. RECOMENDACIONES

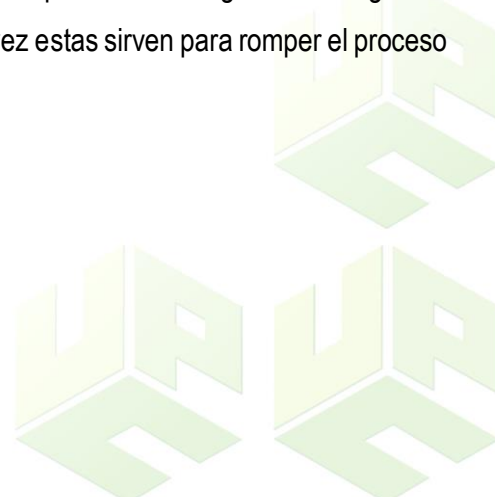
Se propone implementar el vermicompost como medida de recuperación de suelos degradados por monocultivo.

Esta adenda es favorable para un tipo de suelo en condiciones de degradación debido a las acciones presentadas por monocultivo de caña, sin embargo cabe destacar que la recuperación se realizó bajo condiciones climatológicas y de relieve presentado en el corregimiento de Atanquez.

Se recomienda utilizar una concentración del 25% de vermicompost para la recuperación de suelos degradados por monocultivo en estado moderado de acidez.

Se recomienda hacer otro estudio donde se utilice valores de concentración diferentes de vermicompost ya sean más bajas o más altas en comparación con las concentraciones utilizadas en el desarrollo de este proyecto, para evaluar si hay eficiencia menor o mayor.

Se sugiere analizar prueba piloto con plantas fijadoras de nitrógeno para evaluar el grado de mitigación de la degradación del suelo como un proceso alternativo y a la vez estas sirven para romper el proceso de monocultivo.



9. BIBLIOGRAFÍA

- agricultura, S. d. (2008). *Guía técnicas de buenas practicas recursos naturales agua, suelo, aire y biodiversidad*. Santiago de Chile.
- AGROSAVIA. (2019). *GUÍA TOMA DE MUESTRAS DE SUELO PARA ANÁLISIS QUÍMICOS Y FISICOS*.
- AGROSAVIA . (2021). *FORMATO DE COTIZACIÓN*.
- AGROFLOR. (S.f). *MANUAL DE LOMBRICULTURA*.
- ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ. (2014). *GUIA TECNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGANICOS A TRAVÉS DE METODOLOGIAS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA*. BOGOTÁ.
- Alcaldía Mayor de Bogota D.C. (2012). *GUÍA TÉCNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DE METODOLOGÍAS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA*. Bogota D.C.
- Asocaña. (13 de 01 de 2021). *Sector Agroindustrial de la Caña*. Obtenido de <https://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>
- Ayala, G. (2018). El monocultivo de la caña de azúcar en el valle geografico del río Cauca (Valle del Cauca, Colombia): un enclave que desnaturaliza la vida ecosistémica. *Universidad Autónoma de Occidente, Colombia*, 50-51.
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación, tercera edición*. Colombia: PEARSON EDUCACIÓN.
- Cadec S.A. (2018). *INFLUENCIA DEL NITROGENO EN EL CULTIVO DE MAIZ* . Obtenido de <https://www.cadec.com.py/blog/influencia-del-nitrogeno-en-cultivo-de-maiz#:~:text=El%20nitr%C3%B3geno%20obtenido%20por%20la,de%20granos%20de%20las%20mazorcas>.
- Carabalí, D., & Brandon, M. (2020). *RESTAURACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR MONOCULTIVO Y SOPREPASTOREO, POR MEDIO DE PLANTACIÓN DE GUANDÚ (Cajanus cajan) Y AJONJOLÍ (Sesamum alatum)*. GRANJA PILOTO-UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR. Valledupar -Cesar.



- Castellanos, Z. J. (2013). *Manejo Nutricional de Maíz*. Obtenido de Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI).:
<https://www.intagri.com/articulos/cereales/micronutrientes-en-nutricion-de-maiz>
- Deras Flores, H. (2020). *Guía técnica el cultivo de maíz*.
- El Pílon. (6 de Febrero de 2017). *El Pílon es lo nuestro*. Obtenido de <https://elpilon.com.co/cana-panelera-cultivo-prometedor/>
- Fao. (2013). *MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR*. Santiago de Chile.
- FAO, P. d. (3 de 03 de 2021). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- FERTIBOX. (10 de 12 de 2019). *FERTIBOX*. Obtenido de <https://www.fertibox.net/single-post/fosforo-agricultura>
- FERTILAB. (02 de 09 de 2022). *FERTILAB*. Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/SUELOS%20ALCALINOS.pdf>
- Fragozo, C., & Mejia, A. (2016). *Producción y evaluación de abonos orgánicos elaborados a partir de caña de azúcar panelera, en Atanquez-Cesar*. Valledupar.
- Gruposacsa. (19 de 07 de 2016). *Grupo Sacsa*. Obtenido de <https://www.gruposacsa.com.mx/importancia-del-fosforo-por-las-plantas#:~:text=El%20f%C3%B3sforo%20es%20vital%20para,y%20frutas%20de%20baja%20calidad.>
- Herrera, L., & Portillo, L. (2021). *Rehabilitación de suelos degradados por malas prácticas agropecuarias mediante la utilización de leguminosas (vigna unguiculata) como fijadoras de nitrógeno en la finca villa melissa en el municipio de agustin codazzi, cesar*. Valledupar, cesar.
- IGAC. (3 de 03 de 2021). *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. Obtenido de <https://www.igac.gov.co/es/contenido/tramites-y-servicios/analisis-de-las-propiedades-fisicas-quimicas-biologicas-o-mineralogicas-de-los-suelos>
- Inta. (24 de Aril de 2013). *Con el monocultivo, el suelo pierde un 30% de carbono*. *INTA INFORMA*.
- INTAGRI. (2017). *Uso Eficiente del Fósforo en la Agricultura. Serie Nutrición Vegetal*, 105.



- INTAGRI. (2017). Uso Eficiente del Fósforo en la Agricultura. *Artículos Técnicos de INTAGRI.*, 105. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/uso-eficiente-del-fosforo-en-la-agricultura#:~:text=Las%20funciones%20cr%C3%ADticas%20del%20f%C3%B3sforo%20en%20la%20planta&text=Es%20parte%20esencial%20de%20los,bio%C3%B3gica%20del%20nitr%C3%B3geno%20>
- Martinez, M., & Paez, K. (2019). *Aporte a la evaluación preliminar de la eficiencia de tres bioensayos para la recuperación de suelos degradados por agroquímicos en la finca Las Mercedes municipio de Madrid, departamento de Cundinamarca.* Cundinamarca.
- Mogollon, J., Alicia, M., & Duilio, T. (2015). Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *SciELO.*
- Mogollon, J., Martínez, A., & Torres, D. (2015). Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *RevistasUnal.*
- Monge, A. (2007). *EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE PLANTULAS DE TOMATE (Lycopersicon esculentum) MILL Y CHILE DULCE (Capsicum annuum) LINN, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SEIS SUSTRATOS Y TRES METODOS DE FERTILIZACIÓN EN EL CANTÓN DE SAN CARLOS, COSTA RICA.* Santa Clara - Costa Rica.
- Montero, T. (2017). *EL RECURSO HÍDRICO EN EL CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ, RESGUARDO INDÍGENA KANKUAMO (VALLEDUPAR - CESAR – COLOMBIA), Y SU RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE Y LA COMUNIDAD.* Valledupar.
- Montero, Tahelys. (2017). *EL RECURSO HÍDRICO EN EL CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ, RESGUARDO.* VALLEDUPAR.
- INTAGRI. (2017). Uso Eficiente del Fósforo en la Agricultura. *Serie Nutrición Vegetal*, 105.
- INTAGRI. (2017). Uso Eficiente del Fósforo en la Agricultura. *Artículos Técnicos de INTAGRI.*, 105. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/uso-eficiente-del-fosforo-en-la-agricultura#:~:text=Las%20funciones%20cr%C3%ADticas%20del%20f%C3%B3sforo%20en%20la%20planta&text=Es%20parte%20esencial%20de%20los,bio%C3%B3gica%20del%20nitr%C3%B3geno%20>
- Sagarpa. (2015). *Boletín Técnico Informativo del sector de la caña de azúcar.*



Santiago, G. E.-a. (2012). DEGRADACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE SUELOS AGRÍCOLAS EN SAN.
Tropical and subtropical Agroecosystems, 324.

Universidad del Valle. (18 de Septiembre de 2015). *Agencia de noticias Univalle*. Obtenido de
<https://www.univalle.edu.co/medio-ambiente/impactos-ambientales-de-los-monocultivos>

Van Dalen, D. B., & Meyer, W. J. (1981). *Manual de tecnica de la investigación educacional*. España:
Paidós.

Vasquez, J., & Loli, O. (2019). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un
suelo degradado por el manejo de *Gypsophila Paniculata*. *Scielo*.





10. ANEXOS

ANEXO 1. Resultados físicos y químicos en las parcelas de 25%, 50% Y 75%.



IDENTIFICACIÓN: 25%
 MATRIZ: Suelos
 VEREDA: NO INDICA
 FINCA: EL SINAI
 PRODUCTOR: NATALIA REDONDO MORALES
 CULTIVO(S): Maíz variedad NO INDICA con 0 Día(s) de edad

ALTURA: 1873m.s.n.m
 PROFUNDIDAD: 20 a 25 cm
 TIPO DE RIEGO: Manguera
 TOPOGRAFIA: Plano
 DRENAJE: Regular drenaje

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Agrosavia con acreditación ONAC vigente a la fecha, con código de acreditación 13-LAB-031, bajo la norma ISO/IEC 17025:2017

El laboratorio tiene acreditación ONAC bajo la norma NTC ISO/IEC 17025 en los ensayos de: pH (GA-R-46 versión 05 de 2019-10-02), fósforo disponible Bray II (GA-R-48, versión 05 de 2019-10-02), conductividad eléctrica en suelos (NTC 5596:2008. Método b. Medición en suspensión suelo/agua en relación 1:5 (peso/volumen)), cationes cambiabes en suelo calcio, magnesio, potasio y sodio disponibles (GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02), micronutrientes en suelo por Olsen modificado Hierro, Manganeseo, Cobre y Zinc (NTC 5526:2007), determinación de Carbono Orgánico en suelo (GA-R-119 versión 2 2019-09-20).

FECHA DE RECEPCIÓN: 2022-02-03

Yeni Rodríguez Giraldo (E6968)

FECHA DE ANÁLISIS: De 2022-02-03 a 2022-02-24

Coordinador técnico del laboratorio de Química Análítica

FECHA DE REPORTE: 2022/02/25

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION*
Porcentaje de arena (% A)	g/100 g	Método de Bouyoucos	60.03	
Porcentaje de arcilla (% Ar)	g/100 g	Método de Bouyoucos	19.64	
Porcentaje de limo (% L)	g/100 g	Método de Bouyoucos	20.33	
Clase textural	No aplica	Método de Bouyoucos	F-A	
pH (1:2,5)	Unidades de pH	GA-R-46, versión 05 de 2019-10-02	7.18	Casi neutro o neutro
Conductividad eléctrica (CE) (1:5)	dS/m	NTC 5596:2008 Calidad del suelo: Determinación de la conductividad eléctrica, Método B. Medición en suspensión suelo/agua relación 1:5 (Peso/volumen)	0.80	No salino
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkey & Black	5.98	Alto
Carbono Orgánico (CO)	g/100g	GA-R-119 versión 2 2019-09-20	3.47	
Fosforo (P) Disponible (Bray II)	mg/kg	GA-R-48, versión 05 de 2019-10-02.	499.03	Alto
Nitrógeno total (NT)	g/100g	Kjeldahl	0.28	
Azufre (S) disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	6.31	Bajo
Capacidad Interc Catiónico Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo	27.53	Alta
Boro (B) Disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	0.61	Alto
Acidez (Al+H)	cmol(+)/kg	KCl	ND	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	21.11	Alto
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	4.70	Alto
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	1.61	Alto
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	<0.14	Normal
Hierro (Fe) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	60.98	Alto
Cobre (Cu) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	1.69	Medio
Manganeseo (Mn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	8.82	Medio
Zinc (Zn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	2.85	Medio
Saturación de Calcio	%	Cálculo	77	Alto
Saturación de Magnesio	%	Cálculo	17	Medio
Saturación de Potasio	%	Cálculo	6	Alto
Saturación de Sodio	%	Cálculo	0	Normal
Saturación de Aluminio	%	Cálculo	0	Normal

IDENTIFICACIÓN: 50%
 MATRIZ: Suelos
 VEREDA: NO INDICA
 FINCA: EL SINAI
 PRODUCTOR: NATALIA REDONDO MORALES
 CULTIVO(S): Maíz variedad NO INDICA con 0 Día(s) de edad

ALTURA: 1873m.s.n.m
 PROFUNDIDAD: 20 a 25 cm
 TIPO DE RIEGO: Manguera
 TOPOGRAFIA: Plano
 DRENAJE: Regular drenaje

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Agrosavia con acreditación ONAC vigente a la fecha, con código de acreditación 13-LAB-031, bajo la norma ISO/IEC 17025:2017

El laboratorio tiene acreditación ONAC bajo la norma NTC ISO/IEC 17025 en los ensayos de: pH (GA-R-46 versión 05 de 2019-10-02), fósforo disponible Bray II (GA-R-48, versión 05 de 2019-10-02), conductividad eléctrica en suelos (NTC 5596:2008. Método b. Medición en suspensión suelo/agua en relación 1:5 (peso/volumen)), cationes cambiabiles en suelo calcio, magnesio, potasio y sodio disponibles (GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02), micronutrientes en suelo por Olsen modificado Hierro, Manganeseo, Cobre y Zinc (NTC 5526:2007), determinación de Carbono Orgánico en suelo (GA-R-119 versión 2 2019-09-20).

FECHA DE RECEPCIÓN: 2022-02-03

Yeni Rodríguez Giraldo (E6968)

FECHA DE ANÁLISIS: De 2022-02-03 a 2022-02-24

Coordinador técnico del laboratorio de Química Análítica

FECHA DE REPORTE: 2022/02/25

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION*
Porcentaje de arena (% A)	g/100 g	Método de Bouyoucos	61.94	
Porcentaje de arcilla (% Ar)	g/100 g	Método de Bouyoucos	17.66	
Porcentaje de limo (% L)	g/100 g	Método de Bouyoucos	20.40	
Clase textural	No aplica	Método de Bouyoucos	F-A	
pH (1:2,5)	Unidades de pH	GA-R-46, versión 05 de 2019-10-02	7.28	Casi neutro o neutro
Conductividad eléctrica (CE) (1:5)	dS/m	NTC 5596:2008 Calidad del suelo: Determinación de la conductividad eléctrica, Método B. Medición en suspensión suelo/agua relación 1:5 (Peso/volumen)	1.09	No salino
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkey & Black	4.62	Medio
Carbono Orgánico (CO)	g/100g	GA-R-119 versión 2 2019-09-20	2.68	
Fosforo (P) Disponible (Bray II)	mg/kg	GA-R-48, versión 05 de 2019-10-02.	509.04	Alto
Nitrógeno total (NT)	g/100g	Kjeldahl	0.26	
Azufre (S) disponible	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	6.81	Bajo
Capacidad Interc Catiónico Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo	28.27	Alta
Boro (B) Disponible	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	0.66	Alto
Acidez (Al+H)	cmol(+)/kg	KCl	ND	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	22.02	Alto
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	4.66	Alto
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	1.49	Alto
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	<0.14	Normal
Hierro (Fe) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	76.78	Alto
Cobre (Cu) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	1.96	Medio
Manganeseo (Mn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	10.60	Alto
Zinc (Zn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	3.44	Alto
Saturación de Calcio	%	Cálculo	78	Alto
Saturación de Magnesio	%	Cálculo	16	Medio
Saturación de Potasio	%	Cálculo	5	Alto
Saturación de Sodio	%	Cálculo	0	Normal
Saturación de Aluminio	%	Cálculo	0	Normal

IDENTIFICACIÓN: 75%
 MATRIZ: Suelos
 VEREDA: NO INDICA
 FINCA: EL SINAI
 PRODUCTOR: NATALIA REDONDO MORALES
 CULTIVO(S): Maíz variedad NO INDICA con 0 Día(s) de edad

ALTURA: 1873m.s.n.m
 PROFUNDIDAD: 20 a 25 cm
 TIPO DE RIEGO: Manguera
 TOPOGRAFIA: Plano
 DRENAJE: Regular drenaje

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Agrosavia con acreditación ONAC vigente a la fecha, con código de acreditación 13-LAB-031, bajo la norma ISO/IEC 17025:2017

El laboratorio tiene acreditación ONAC bajo la norma NTC ISO/IEC 17025 en los ensayos de: pH (GA-R-46 versión 05 de 2019-10-02), fósforo disponible Bray II (GA-R-48, versión 05 de 2019-10-02), conductividad eléctrica en suelos (NTC 5596:2008. Método b. Medición en suspensión suelo/agua en relación 1:5 (peso/volumen)), cationes cambiabiles en suelo calcio, magnesio, potasio y sodio disponibles (GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02), micronutrientes en suelo por Olsen modificado Hierro, Manganeseo, Cobre y Zinc (NTC 5526:2007), determinación de Carbono Orgánico en suelo (GA-R-119 versión 2 2019-09-20).

FECHA DE RECEPCIÓN 2022-02-03

Yeni Rodríguez Giraldo (E6968)

FECHA DE ANÁLISIS: De 2022-02-03 a 2022-02-24

Coordinador técnico del laboratorio de Química Análítica

FECHA DE REPORTE: 2022/02/25

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION*
Porcentaje de arena (% A)	g/100 g	Método de Bouyoucos	55.78	
Porcentaje de arcilla (% Ar)	g/100 g	Método de Bouyoucos	17.68	
Porcentaje de limo (% L)	g/100 g	Método de Bouyoucos	26.54	
Clase textural	No aplica	Método de Bouyoucos	F-A	
pH (1:2,5)	Unidades de pH	GA-R-46, versión 05 de 2019-10-02	7.50	Alcalino
Conductividad eléctrica (CE) (1:5)	dS/m	NTC 5596:2008 Calidad del suelo: Determinación de la conductividad eléctrica, Método B. Medición en suspensión suelo/agua relación 1:5 (Peso/volumen)	1.42	No salino
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkey & Black	6.65	Alto
Carbono Orgánico (CO)	g/100g	GA-R-119 versión 2 2019-09-20	3.86	
Fosforo (P) Disponible (Bray II)	mg/kg	GA-R-48, versión 05 de 2019-10-02.	476.62	Alto
Nitrógeno total (NT)	g/100g	Kjeldahl	0.28	
Azufre (S) disponible	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	9.52	Bajo
Capacidad Interc Catiónico Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo	29.79	Alta
Boro (B) Disponible	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	0.70	Alto
Acidez (Al+H)	cmol(+)/kg	KCl	ND	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	22.74	Alto
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	5.01	Alto
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	1.91	Alto
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	<0.14	Normal
Hierro (Fe) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	64.30	Alto
Cobre (Cu) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	1.71	Medio
Manganeseo (Mn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	11.16	Alto
Zinc (Zn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	2.88	Medio
Saturación de Calcio	%	Cálculo	76	Alto
Saturación de Magnesio	%	Cálculo	17	Medio
Saturación de Potasio	%	Cálculo	6	Alto
Saturación de Sodio	%	Cálculo	0	Normal
Saturación de Aluminio	%	Cálculo	0	Normal

Anexo 2. Recolección de las lombrices rojas californianas en la granja piloto de la Universidad Popular del Cesar.



Anexo 3. Determinación de humedad al vermicompost, método del puño



Anexo 4. Establecimiento y excavación de las parcelas



Anexo 5. Llenado de las parcela de control, 25%, 50% y 75%



Anexo 6. Siembra del maíz



Anexo 7. Primera semana de germinación



Anexo 8. Siembra en la semana 7





Anexo 9. Seguimiento de altura de la planta (cm)

TIEMPO	PARCELA DE CONTROL															
	planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	planta 11	planta 12	planta 13	planta 14	planta 15	planta 16
semana 2	7	5	9	8	7	7,5	7	5	5	8	10	8,5	6,8	8	7	9
semana 3	46,5	43	51	48	45	44,5	46	34,5	36	38	56	48	43	38	46	34
semana 4	65	57	72	65	60	63	64	38	39	49	63	65	57	49	64	37
semana 5	76	73	80	78	74	77	75	57	60	65	87	78	73	65	75	59
semana 6	87	83	92	90	83	89	86	70	72	76	98	88	85	77	87	71
semana 7	99	95	100	103	93	100	97	81	84	86	109	97	96	89	98	82

PARCELA 25%															
planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	planta 11	planta 12	planta 13	planta 14	planta 15	planta 16
12	10	9	11	10	15	18	12	9	10	6	8	7	14	11	15
63	53	49	60	57	66	39	62,5	45,5	59	43	50	46	66	60	65
77	69	67	70	68	83	48	71	56	69	59	70	62	83	70	86
105	93	99	100,5	96	110	64	107	69	97	88	101	90	110	100,5	113
119	110	104	115	108	128	80	114	78	111	100	120	106	128	115	134
132	122	116	127	120	139	92	130	89	121	118	131	118	139	127	141

PARCELA 50%															
planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	planta 11	planta 12	planta 13	planta 14	planta 15	planta 16
12	9	7	7	7	6	11	6	13	14	11	9,5	11,5	9	13	16
58	39	29	23	25	18	51	15	62	55	52	42	58	39	62	65
77	57	44	39	41	37	68	33	83	80	68	59	77	57	83	83
98	83	66	61	62	58	95,3	50	100	93	96	85	98	83	100	100
110	89	80	76	79	66	100	61	126	105	112	97	110	94	126	118
123	95	94	90	91	70	112	80	134	120	123	108	123	111	134	129

PARCELA 75%															
planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	planta 11	planta 12	planta 13	planta 14	planta 15	planta 16
12	13	8	10	9,5	6	12	13	11	11	9	12	15	13	10	14
60	72	58	63	61	50	67	70	65	66	60	69	75	70	68	70
79	87	70	76	75,0	68	77	85	78	77	74	81	86	87	79	89
100	110	93	99	97	87	100	109	96	98	95	105	97	100	95	106
118	125	114	117	116	100	126	123	112	115	110	120	111	122	113	120
134	138	128	130	126	115	133	137	120	123	121	135	120	132	123	135

Anexo 10. seguimiento del grosor del tallo (cm)

TIEMPO	PARCELA DE CONTROL															
	planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	planta 11	planta 12	planta 13	planta 14	planta 15	planta 16
Semana 2	2,1	2	2,5	2,1	2,3	2,4	2,8	1,5	1,7	2	3	2	2,5	2,7	1,4	2,8
Semana 3	2,9	2,7	3,1	2,8	3,1	3	3,7	2,1	2,3	2,7	3,7	2,9	3,6	3,5	1,9	3,5
Semana 4	4,1	3,8	4,4	3,9	3,6	4,2	4,9	3,1	3,4	3,8	4,7	4	4,5	4,4	2,7	4,7
Semana 5	4,9	4,7	5,6	4,8	4,8	5,1	6,1	3,9	4	4,7	5,5	4,9	5,3	5,6	3,4	6
Semana 6	5,8	5,7	6,4	6,1	5,4	5,9	7	5,1	5,3	5,7	6,3	5,8	6,2	6,7	4,6	7
Semana 7	7,5	7	7,9	7,4	7	7,3	8,5	6,3	6,8	7	7,2	6,9	7	7,5	6,1	8,3

PARCELA 25%															
planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	planta 11	planta 12	planta 13	planta 14	planta 15	planta 16
1,3	2,6	2,4	2,2	4,0	2,8	3,6	2,0	3,0	1,6	2,4	1,6	2,9	2,1	3,0	3,4
2,6	3,5	3,3	3,0	4,5	3,6	4,2	2,9	4,2	2,7	3,4	2,8	3,7	3,2	4,1	4,1
3,3	4,8	4,4	4,2	6,6	4,9	5,3	3,8	5,1	3,4	4,6	3,6	4,9	4,1	5,2	5,0
3,9	5,5	5,1	4,8	7,6	6,0	6,6	4,8	6,3	4,0	5,4	4,3	6,3	4,9	6,3	6,1
4,4	6,3	6,1	5,7	8,5	6,9	8	6,0	7,5	4,9	6,3	5,3	7,5	5,8	7,4	7,3
6,2	7,9	7,6	7,3	9,5	8,2	9,3	8,0	9	6,1	7,8	6,7	8,5	7,1	8,5	8,6

PARCELA 50%															
planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	planta 11	planta 12	planta 13	planta 14	planta 15	planta 16
2	1,9	2,0	2,1	2,5	2,4	2,5	2	4	2	1,9	2	3	3,3	4	2,5
2,6	2,7	2,8	2,9	3,3	3,0	3,6	2,9	5,1	2,5	2,7	2,9	3,9	4,3	4,9	3,6
3,5	3,3	3,6	3,4	3,9	3,6	4,8	3,7	6,3	3,3	3,1	3,8	4,8	5,5	5,8	4,8
4,2	4,4	4,5	4,8	4,9	4,8	5,7	4,3	7,7	4,5	3,6	4,7	5,7	6,6	6,7	5,7
5,0	5,0	5,1	5,3	5,7	5,5	6,0	5,4	9,5	5,1	4,8	5,8	6,6	7,5	7,6	6,6
6,7	6,2	6,6	6,8	7,3	6,9	7,5	6,5	11	6,5	6,1	6,9	7,7	8,4	8,5	7,5

PARCELA 75%															
planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	planta 11	planta 12	planta 13	planta 14	planta 15	planta 16
3	4,1	2,4	2,2	3,3	2,0	3	3,7	2,8	2,51	2,9	3,1	2,5	3,2	3,6	2,0
3,9	5,3	3,1	3,0	4,2	2,8	3,7	4,5	3,7	3,3	3,7	4,1	3,5	4,0	4,5	3,1
4,7	6,5	3,8	3,6	5,2	3,3	4,5	5,4	4,2	4,0	4,5	4,9	4,0	5,1	5,5	4,2
5,6	7,8	4,9	4,5	6,0	4,2	5,2	6,2	5,5	5,1	5,4	5,8	4,8	5,9	6,8	5,1
6,2	9,2	5,5	5,4	6,9	5	6,0	7	6,3	5,7	6,0	6,5	5,8	6,7	8,1	6,2
7,4	11	6,8	6,8	8,0	6,5	7,2	8,5	7,1	6,9	7,3	7,8	7	7,9	9,5	7,3

Anexo 10. Cantidad de maíz por parcela

