

**EFICACIA DEL USO DE LA ESPECIE ZEA MAYS L. (MAÍZ) Y LA CÁSCARA DE  
NARANJA EN SUELOS AGRÍCOLAS EN LA FINCA CANAAN, VEREDA BOCA DE  
TIGRE, MUNICIPIO DE BOSCONIA, CESAR.**



**AUTORES:**

CAMILO ANDRÉS ESPINOZA ÁLVAREZ

MICHELL ANDREA VÁSQUEZ VILARDY

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y TECNOLOGIAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR – CESAR  
2024-1**

**EFICACIA DEL USO DE LA ESPECIE ZEA MAYS L. (MAÍZ) Y LA CÁSCARA DE  
NARANJA EN SUELOS AGRÍCOLAS EN LA FINCA CANAAN, VEREDA BOCA DE  
TIGRE, MUNICIPIO DE BOSCONIA, CESAR.**

**AUTORES**

CAMILO ANDRÉS ESPINOZA ÁLVAREZ  
MICHELL ANDREA VÁSQUEZ VILARDY

**DIRECTOR:**

KARINA PAOLA TORRES CEVERA  
MAGISTER EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y TECNOLOGICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR – CESAR  
2024-1**

## DEDICATORIA

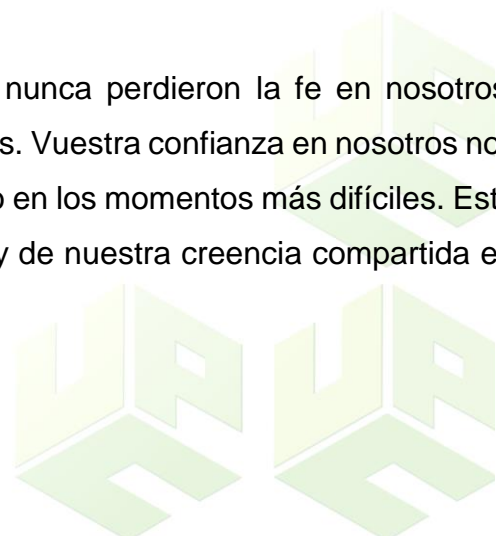
A nuestros padres, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido nuestro faro en las tormentas y refugio en las dificultades. Su sacrificio y dedicación han sido la fuerza motriz detrás de cada logro que hemos alcanzado, y esta tesis es el testimonio de su infinita fe en nosotros.

A nuestros amigos, quienes han sido nuestra roca en los días oscuros y compañeros de alegría en los momentos de triunfo. Su apoyo inquebrantable y su amistad sincera han enriquecido nuestra vida de formas inimaginables.

A nuestros profesores y mentores, por su orientación experta y su inagotable pasión por el conocimiento. Su sabiduría y dedicación han sido la luz que ha iluminado nuestro camino académico, inspirándonos a explorar nuevas ideas y perseguir la excelencia.

A todos aquellos que de una u otra manera han contribuido a este trabajo, ya sea con su colaboración directa o con su inspiración indirecta, les damos las gracias. Este logro no habría sido posible sin su generosidad y apoyo.

Finalmente, dedicamos esta tesis a aquellos que nunca perdieron la fe en nosotros, incluso cuando dudábamos de nuestras capacidades. Vuestra confianza en nosotros nos ha fortalecido e impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Esta tesis es el resultado de nuestro esfuerzo colectivo y de nuestra creencia compartida en el poder del conocimiento y la perseverancia.



## AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar nuestro profundo agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de esta tesis. Sus invaluable aportes, apoyo y orientación han sido fundamentales para alcanzar este importante hito en nuestra carrera académica.

En primer lugar, queremos agradecerle a nuestra directora de tesis, KARINA PAOLA TORRES CEVERA, por su dedicación, paciencia y experiencia. Sus valiosos consejos y dirección han sido cruciales en cada etapa de este proyecto. Sus compromisos con nuestro crecimiento académico han sido inspiradores y nos han guiado a través de los desafíos con confianza y determinación.

Quiero expresar nuestra gratitud a todos los profesores y miembros del comité evaluador por su tiempo, dedicación y valiosos comentarios durante el desarrollo de esta tesis. Sus conocimientos y experiencia han sido una fuente constante de inspiración y aprendizaje.

Agradezco sinceramente a nuestros padres, Sandra Vásquez Vilardy, Julia Espinoza Álvarez, Deivin Narvárez Olivera, por su amor incondicional, apoyo inquebrantable y sacrificios innumerables. Su confianza en nosotros y su constante aliento han sido el motor que impulsó cada paso de este viaje. Sin su amor y apoyo, este logro no habría sido posible.

Finalmente, queremos dedicar este logro a aquellos que siempre creyeron en nosotros, incluso cuando dudábamos de nuestras capacidades. Vuestra fe inquebrantable y constante inspiración nos han guiado a lo largo de este camino, recordándonos que, con determinación y perseverancia, cualquier meta es alcanzable.

## RESUMEN

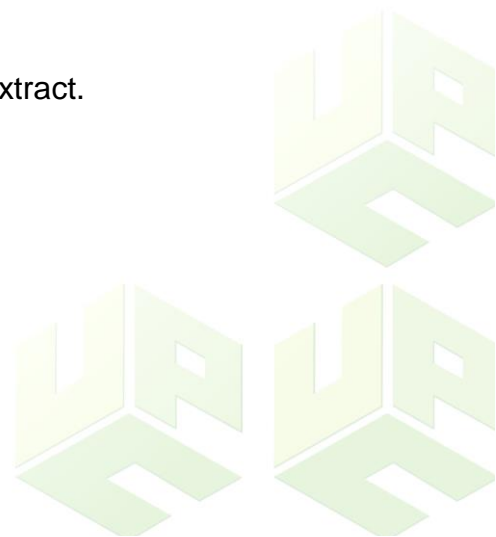
En el departamento del Cesar como consecuencias de las actividades económicas, principalmente la minería y la agricultura y monocultivos, están generando degradación y erosión de los suelos productivos. Así mismo, la contaminación del suelo en el departamento está degradando gravemente los principales servicios a los ecosistemas provistos por el suelo, reduciendo la seguridad alimentaria. La investigación recuperó los suelos agrícolas por medio de la especie *Zea Mays L. (Maíz)* y el extracto hidroalcohólico de cascaras de naranja en la Finca Canaan, Vereda Boca De Tigre, Municipio De Bosconia, Cesar, como una alternativa sostenible que buscó disminuir y mitigar los impactos ocasionados por lo monocultivos, y actividades productivas a nivel departamental y que en futuro, se convirtieran en alternativas a nivel nacional, evaluando la efectividad de estos. Se realizó por tres fases: caracterizar fisicoquímicamente; adecuar las Parcelas de Implementación de la especie *Zea Mays L. (Maíz)* y la bioestimulación con extractos hidroalcohólico de cascaras de naranja y finalmente, analizar las interacciones del maíz y el extracto el extracto. Se evidencia que gracias a la aplicación del extracto de naranja en el suelo, se logró una eficiencia de recuperación del 65%. Sin embargo, aun los micronutrientes no alcanzan valores óptimos para establecimiento de cultivos agrícolas. El análisis por diferencia mínima significativa muestra según lo que se observa que el crecimiento promedio en los días de monitoreo para las plantas sembradas en las muestras de suelo remediadas es moderadamente similar desde el punto de vista estadístico durante todo el tiempo de ensayo.

Palabras claves: Biorremediación, bioestimulación, extracto de naranja.

## ABSTRACT

In the department of Cesar, as consequences of economic activities, mainly mining and agriculture and monocultures, they are generating degradation and erosion of productive soils. Likewise, soil contamination in the department is seriously degrading the main ecosystem services provided by the soil, reducing food security. The research recovered agricultural soils through the species *Zea Mays* L. (Corn) and the hydroalcoholic extract of orange peels in Finca Canaan, Vereda Boca De Tigre, Municipality of Bosconia, Cesar, as a sustainable alternative that sought to reduce and mitigate the impacts caused by monocultures, and productive activities at the departmental level and that in the future, they become alternatives at the national level, evaluating their effectiveness. It was carried out in three phases: physicochemical characterization; adapt the Implementation Plots of the species *Zea Mays* L. (Corn) and biostimulation with hydroalcoholic extracts of orange peels and finally, analyze the interactions of corn and the extract. It is evident that thanks to the application of orange extract in the soil, a recovery efficiency of 65% was achieved. However, even micronutrients do not reach optimal values for the establishment of agricultural crops. The analysis by least significant difference shows that the average growth on the monitoring days for the plants planted in the remediated soil samples is moderately similar from a statistical point of view throughout the test time.

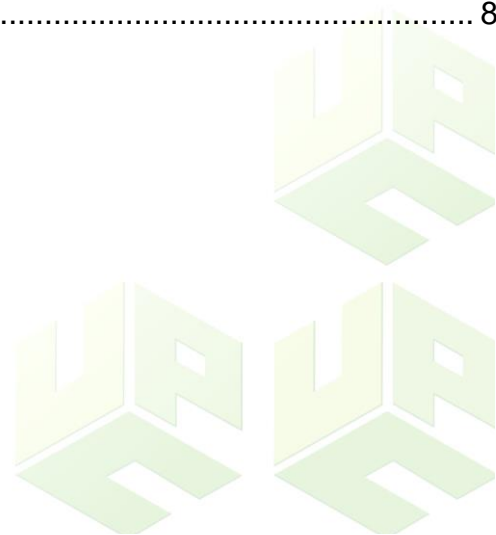
Keywords: Bioremediation, biostimulation, orange extract.



## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
RESUMEN.....	4
LISTA DE TABLAS .....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
2. JUSTIFICACIÓN .....	14
3. OBJETIVOS .....	16
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
4. MARCO REFERENCIAL .....	17
4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
4.2 MARCO TEORICO .....	20
4.3 MARCO CONCEPTUAL .....	23
4.4 MARCO CONTEXTUAL.....	24
4.5 MARCO LEGAL.....	31
5. MARCO METODOLOGICO.....	35
5.1 LINEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN .....	35
5.2 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN .....	35
5.3 ALCANCE DE INVESTIGACIÓN.....	35
5.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	35

5.5 MUESTRA POBLACIONAL .....	36
5.5 DESARROLLO METODOLOGICO .....	36
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	38
6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA (DENSIDAD REAL, APARENTE, ESTRUCTURA, TEXTURA, COLOR, C.I.C, PH, M.O)DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE LA FINCA CANAAN, VEREDA BOCA DE TIGRE, MUNICIPIO DE BOSCONIA, CESAR. ....	38
6.2 ADECUACIÓN DE LAS PARCELAS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ESPECIE ZEA MAYS L. (MAÍZ) Y LA BIOESTIMULACIÓN CON EXTRACTOS HIDROALCOHÓLICO DE CASCARAS DE NARANJA EN LA FINCA CANAAN, VEREDA BOCA DE TIGRE, MUNICIPIO DE BOSCONIA, CESAR.....	52
6.3 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DEL SUELO POR MEDIO DE LA ESPECIE ZEA MAYS L. (MAÍZ) Y EL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE CASCARAS DE NARANJA EN LA FINCA CANAAN..	58
7. CONCLUSIONES.....	72
8. RECOMENDACIONES.....	74
9. BIBLIOGRAFIA.....	<u>85</u>



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Normatividad.....	8
<b>Tabla 2</b> Caracterización .....	10
<b>Tabla 3</b> Asignación cuantitativa .....	39
<b>Tabla 4</b> Caracterización .....	41
<b>Tabla 5</b> División del terreno .....	45
<b>Tabla 6</b> Caracterización inicial .....	47
<b>Tabla 7</b> Seguimiento al suelo.....	56
<b>Tabla 8</b> Seguimiento a parcelas .....	58
<b>Tabla 9</b> Caracterización final .....	63
<b>Tabla 10</b> Eficiencia .....	67
<b>Tabla 11</b> ANOVA .....	69
<b>Tabla 12</b> DMS.....	69



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación De la finca.....	25
<b>Figura 2</b> Parcelamiento .....	34
<b>Figura 3</b> Toma de muestras .....	36
<b>Figura 4</b> Plano de parcelamiento.....	44
<b>Figura 5</b> División del terreno.....	45
<b>Figura 6</b> Puntos de muestreo .....	46
<b>Figura 7</b> Toma de meustras .....	47
<b>Figura 8</b> Gráfica de resultados .....	50
<b>Figura 9</b> Proceso de secado.....	52
<b>Figura 10</b> Triturado de cascaras.....	53
<b>Figura 11</b> Obtención del extracto .....	53
<b>Figura 12</b> Extracto al sol.....	54
<b>Figura 13</b> Extracto .....	54
<b>Figura 14</b> Aplicación del extracto de naranja.....	55
<b>Figura 15</b> Seguimeinto a las parcelas .....	62
<b>Figura 16</b> Crecimiento de plantas.....	65
<b>Figura 17</b> Comparación de resultados.....	66



## INTRODUCCIÓN

El término “contaminación del suelo” se refiere a la presencia en el suelo de un químico o una sustancia fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no están destinados. La contaminación del suelo con frecuencia no puede ser directamente evaluada o percibida visualmente, convirtiéndola en un peligro oculto (FAO, 2019).

En el departamento del Cesar como consecuencias de las actividades económicas, principalmente la minería y la agricultura y monocultivos, están generando degradación y erosión de los suelos productivos. Así mismo, la contaminación del suelo en el departamento está degradando gravemente los principales servicios a los ecosistemas provistos por el suelo, reduciendo la seguridad alimentaria al reducir los rendimientos agrícolas debido a los niveles tóxicos de los contaminantes y al ocasionar que las cosechas producidas en suelos contaminados sean peligrosas para el consumo de animales y humanos (Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Bosconia, 2019).

La investigación recuperó suelos agrícolas por medio de la especie *Zea Mays L.* (*Maíz*) y el extracto hidroalcohólico de cascaras de naranja en la Finca Canaan, Vereda Boca De Tigre, Municipio De Bosconia, Cesar, como una alternativa sostenible que busque disminuir y mitigar los impactos ocasionados por lo monocultivos, y actividades productivas a nivel departamental y que en futuro, se conviertan en alternativas a nivel nacional.

Por otra parte, el proyecto permitió trabajar en suelos con proceso de deterioro y erosión, identificando diversas alternativas para determinar los instrumentos que conlleven su mejoramiento o rehabilitación, dentro de figuras establecidas como macroproyectos, reajuste de tierras, Unidades de Actuación, etc.

La investigación se estructuró en nueve capítulos, divididos de la siguiente manera: en el capítulo número uno, se encuentra la descripción del planteamiento del problema, seguido de la justificación del proyecto de investigación. El capítulo número

tres menciona los objetivos de la investigación, dentro de este, el general y específico. Posteriormente, encontramos el marco referencial. El capítulo número cinco, corresponde al marco metodológico, en el que se describe la línea, sublínea, tipo, nivel, población y muestra que requiere el desarrollo de la investigación. Posteriormente, se encuentra el desarrollo metodológico. El capítulo sexto es el encargado de mostrar los resultados del estudio. Posteriormente, en el capítulo séptimo se encuentran las conclusiones de la investigación, seguido por el capítulo octavo, recomendaciones y por último la bibliografía empleada.



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Estado del Informe Mundial sobre Recursos del Suelo (SWSR) identificó la contaminación del suelo como una de las principales amenazas para el suelo que afectan los suelos del mundo y los servicios a los ecosistemas que éstos proporcionan (FAO, 2019).

Las principales fuentes antropogénicas de la contaminación del suelo son los químicos utilizados en, en producidos como subproductos de actividades industriales, residuos domésticos, ganaderos y municipales (incluyendo aguas residuales), agroquímicos y productos derivados del petróleo. Estos químicos son liberados al ambiente accidentalmente, por ejemplo, por derrames petrolero o filtración de vertederos o, intencionalmente, como sucede con el uso de fertilizantes y plaguicidas, irrigación con aguas residuales no tratadas o aplicación al suelo de lodos residuales. La contaminación del suelo también proviene de la deposición atmosférica de la fundición, transporte, pulverización de aplicaciones de plaguicidas y de la combustión incompleta de muchas sustancias, así como de la deposición de radionúclidos de pruebas de armas atmosféricas y accidentes nucleares. Han surgido nuevas preocupaciones sobre contaminantes emergentes como son productos farmacéuticos, interruptores endocrinos, hormonas y toxinas, entre otros, así como contaminantes biológicos como micro contaminantes en suelos que incluyen bacterias y virus (FAO, 2019).

En el departamento del Cesar como consecuencias de las actividades económicas, principalmente la minería y la agricultura y monocultivos, están generando degradación y erosión de los suelos productivos. Así mismo, la contaminación del suelo en el departamento está degradando gravemente los principales servicios a los ecosistemas provistos por el suelo, reduciendo la seguridad alimentaria al reducir los rendimientos agrícolas debido a los niveles tóxicos de los contaminantes y al ocasionar que las cosechas producidas en suelos contaminados sean peligrosas para el consumo de animales y humanos (Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Bosconia, 2019), .

Según el esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Bosconia(2019), hacen falta campañas educativas y estrategias sostenibles para concientizar a las comunidades sobre la Importancia del manejo y conservación de los suelos con el fin de que no deterioren la cobertura vegetal y así minimizar los efectos de erosión y prevenir Desastres.

Adicionalmente, según el mismo informe, en el municipio de Bosconia se localizan en la zona plana sobre la franja entre el piedemonte y el río Ariguaní tierras dedicada a actividades agrícolas tales como la producción palma africana, cultivos de arroz, sorgo, mango, yuca, maíz, escasos cultivos misceláneos y en proceso reactivación algodón, lo que ha ocasionado impacto ambientales principalmente erosión, degradación y alteración de las condiciones naturales de los cuales en zonas rurales, ocupando 40172.5 has, equivalentes al 67.58% de la superficie total del Municipio y se localizan en la mayor parte del corregimiento de loma colorada, en las veredas Loma Linda en su parte centro y norte ,en la vereda Boca Tigre en su parte sur , en la vereda Nueva Idea en su parte sur , centro y norte , en la vereda La Fortuna en su parte centro y sur y la mayor parte de la cabecera Municipal en la zona centro del municipio.

Finalmente, se manifiesta la preocupación debido a que muchos contaminantes (incluyendo los principales nutrientes como nitrógeno y fósforo) son transportados del suelo a las aguas superficiales y a las aguas subterráneas, ocasionando daño ambiental a través de la eutrofización y problemas directos a la salud humana por agua para consumo contaminada, lo que pondría en riesgo el rio Ariguaní.

Dado lo anterior, se hace necesario plantear estrategias sostenibles que permitan la mitigación de los impactos en los suelos del municipio de Bosconia.

### **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Cuál será la eficiencia de recuperación de suelos agrícolas por parte de la especie maíz y el extracto hidroalcohólico de cascaras de naranja en la finca Canaan, Vereda Boca De Tigre, Municipio De Bosconia, Cesar?

## 2. JUSTIFICACIÓN

El Mapa Mundial de Suelos de FAO recomienda a los gobiernos nacionales instrumentar regulaciones sobre contaminación del suelo y limitar la acumulación de contaminantes más allá de los niveles establecidos a fin de garantizar la salud y el bienestar humanos, un ambiente saludable y alimentos seguros (FAO, 2019). También se exhorta a los gobiernos a facilitar la rehabilitación de suelos contaminados que excedan los niveles establecidos para proteger la salud de los humanos y el medio ambiente por medio de prácticas, técnicas o estrategias sostenibles que permitan su recuperación.

Por otra parte, la bioestimulación está considerada como la alternativa más aplicable para la recuperación de suelos contaminados capaces de biodegradar compuestos contaminantes del medio ambiente” (Ortiz, et Al., 2005, p.52). La bioestimulación con cascaras de naranja es una técnica utilizada para la recuperación de suelos que han pasado por procesos agrícolas extensos y derrames de hidrocarburos. Esta técnica ha sido empleada en diversas investigaciones: (Torres 2019), demostró la eficacia de las cáscaras de naranja dulce (*Citrus sinensis*) obtenido con alcohol isopropílico, puede ser utilizado como bioestimulante para la remediación de suelos que han sido contaminados por petróleo crudo, realizando una serie de experimentos bajo condiciones controladas (invernadero) llegándose a porcentajes de disminución 90,5% de los contaminantes.

En el caso del cultivo del maíz, según el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y trigo (2023), este tipo de cultivos se emplean como mejoradores de suelo al dejarlos como cobertura. Esta práctica disminuye el efecto de la erosión, conserva la humedad del suelo y contribuye a controlar malezas. Y también brinda a las personas dedicadas a la producción agrícola la oportunidad de incrementar a mediano plazo el contenido de materia orgánica del suelo y hacerlo más fértil (al devolverle parte de los elementos que son extraídos por los cultivos).

La investigación recuperó los suelos agrícolas por medio de la especie *Zea Mays L.* (*Maíz*) y el extracto hidroalcohólico de cascaras de naranja en la Finca Canaan, Vereda Boca De Tigre, Municipio De Bosconia, Cesar, como una alternativa sostenible que buscó disminuir y mitigar los impactos ocasionados por lo monocultivos, y actividades productivas a nivel departamental y que en futuro, se convirtieran en alternativas a nivel nacional, evaluando la efectividad de estos.

Por otra parte, el proyecto permitió trabajar en suelos con proceso de deterioro y erosión, identificando diversas alternativas para determinar los instrumentos que conlleven su mejoramiento o rehabilitación, dentro de figuras establecidas como macroproyectos, reajuste de tierras, Unidades de Actuación, etc.

Finalmente, a nivel práctico esta investigación llegó a representar una oportunidad importante ya que tuvo como objeto de estudio aplicar un tratamiento por medio de la fitorremediación y la bioestimulación, esta ultima ha sido escasa en las investigaciones en la universidad, asi como el extracto de cáscara de naranja, lo que representó una oportunidad para realizar investigaciones enfocadas en este tema tan novedoso. Con los resultados obtenidos en este proyecto se dio una alternativa de nuevas tecnologías para la recuperación de suelos de esta problemática tan importante que afecta al departamento del Cesar, y puntualmente, al municipio de Bosconia, Cesar.



### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL.

Determinar La Eficacia Del Uso De La Especie *Zea Mays L.* (Maíz) Y La Cáscara De Naranja En Suelos Agrícolas En La Finca Canaan, Vereda Boca De Tigre, Municipio De Bosconia, Cesar.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar fisicoquímicamente (densidad real, aparente, estructura, textura, color, C.I.C, pH, M.O) los suelos agrícolas de la finca Canaan, Vereda Boca De Tigre, Municipio De Bosconia, Cesar.
- Adecuar las Parcelas de Implementación de la especie *Zea Mays L.* (Maíz) y la bioestimulación con extractos hidroalcohólico de cascara de naranja en la Finca Canaan, Vereda Boca De Tigre, Municipio De Bosconia, Cesar.
- Analizar las interacciones del maíz y el extracto el extracto hidroalcohólico de cascara de naranja en la Finca Canaan.



## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se mencionan cinco (5) estudios actualizados y relevantes relacionados con las variables de la investigación, que servirán como soporte teórico para el desarrollo de esta y permitirá contextualizar diferentes enfoques, métodos empleados, y conclusiones a que llegaron los autores y otros elementos de importancia.

Duran, Y., et. Al, (2022), realizaron la investigación llamada: Eficacia Del Uso De La Especie Zea Mays En Suelos Contaminado Por Plaguicida DDT En Las Antiguas Instalaciones Del Colegio Antonio Galo Lafaurie Del Municipio De Codazzi Cesar, para optar por el título de ingeniero ambiental y sanitario en la universidad popular del cesar. La investigación tenía por objeto determinar la eficacia del uso de la especie *Zea Mays* en suelos contaminado por plaguicida DDT. Se realizó por medio de tres fases. La primera consistió en identificar las propiedades físicas, la segunda Analizar la interacción de los suelos contaminados por el plaguicida mediante la aplicación de la especie *Zea Mays* y enmiendas orgánicas (compost, entre otros). Por último, se evaluó la eficiencia de la interacción de la especie y las enmiendas en la recuperación del suelo contaminado por el plaguicida. Los resultados mostraron que los tratamientos 2 y 3 presentan intervalos de confianza del 95% y del 93% respectivamente, según los datos de prueba de Tuckey donde  $p > 0,05$ . El documento es importante debido a que se analizaran algunos parámetros físicos del suelo, lo que permite servir como una guía metodológica para la investigación, así como el uso de la especie maíz.

Zúñiga, O. (2019), realizó la investigación titulada: Alternativas Para La Recuperación De Suelos Contaminados Por Actividades Industriales Por Medio De La Especie Maíz En Colombia para optar por el título de ingeniero ambiental en la Universidad Abierta y a Distancia. Se realizó por dos fases: Identificar alternativas de tratamiento para suelos contaminados por los vertimientos industriales y Definir los métodos de remediación de suelo aplicable acorde al tipo de contaminación generados por las industrias. Las técnicas de tratamiento identificadas para los suelos contaminados

por los vertimientos industriales se determinan a partir del tipo de contaminación, la cual dependiendo de si es local o difusa, abre distintas oportunidades. En Colombia los desechos más comunes son los metales y plaguicidas. De esa forma la aplicación y desarrollo de la descontaminación se clasifica en Ex Situ (fuera del lugar) e In situ (en el lugar) y se dividen entre térmicos, biológicos y fisicoquímicos. El documento es importante debido a que se analizaran algunos parámetros físicos del suelo, lo que permite servir como una guía metodológica para la investigación.

Velásquez, M. (2019), desarrolló la investigación: Extracto hidroalcohólico de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*) como bioestimulador en un suelo de sabana contaminado con petróleo para optar por el título de ingeniera en la Universidad Autónoma de Yucatán, México. El objetivo de la investigación fue evaluar la aplicabilidad del extracto hidroalcohólico de cáscaras de naranja dulce (*Citrus sinensis*) como bioestimulador en el tratamiento de un suelo de sabana contaminado con petróleo crudo liviano. Se aplicó un diseño experimental factorial sobre muestras de suelo de sabana proveniente de la población de El Furrial contaminado con 100 mL por kilogramo con petróleo liviano del campo productor de la misma zona. Se obtuvo que los tres factores tuvieron efecto estadísticamente significativo sobre la variable dependiente con un nivel de confianza de 95.0% con un porcentaje máximo de remoción de petróleo de 90.9% para una dosis de 150 mL/kg de extracto al 5% de concentración. Esta investigación es muy importante, ya que, nos enseña cómo obtener el extracto de naranja y su posible eficiencia como bioestimulador.

Munive, R. et. Al, (2018), realizaron la investigación titulada: Fitorremediación con Maíz (*Zea mays* L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados para optar por el título de ingeniero ambiental en la Universidad de Trujillo. La finalidad del trabajo fue la de reducir la contaminación por metales pesados en los suelos del centro del país, utilizando maíz como planta fitorremediadora. Se realizó por tres fases: La caracterización inicial, para ello se emplearon los suelos agrícolas de las localidades Mantaro y Muqui del valle del Mantaro, cuyos contenidos de plomo (Pb)

y cadmio (Cd) en el suelo superan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de suelos del Perú; la segunda fase fue el establecimiento de la especie junto con dos enmiendas orgánicas y finalmente, la determinación del nivel de recuperación del suelo. Los resultados indicaron que los suelos de la localidad de Muqui, contienen la mayor cantidad de Pb y Cd, presentando efectos negativos como un menor rendimiento de materia seca de hojas, tallos y raíces del maíz, además, de un desarrollo más lento. El documento es importante debido a que se analizaron algunos parámetros físicos del suelo, lo que permite servir como una guía metodológica para la investigación.

Pinchao, J. (2015). Realizó la investigación llamada: Estimación Del Potencial Productivo Del Suelo (PPS) En Un Cultivo De Maíz (Zea Mayz) Afectado Por Salinidad En Dos Municipios Del Valle Del Cauca, para optar por el título de ingeniero agrícola en la Universidad del Valle. El objetivo de este trabajo fue desarrollar una metodología de evaluación del Potencial Productivo del Suelo en la Hacienda Las Gramas, ubicada en el municipio de Roldanillo – Valle del Cauca y la Hacienda Moraima, ubicada en el municipio de El Cerrito – Valle del Cauca (ambas zonas con diferentes grados y tipos de afectación por sales), que permitiera realizar un manejo diferencial de los suelos, en cultivos de maíz amarillo. El estudio se llevó a cabo a través de muestreos y análisis de suelos realizados en los dos sitios de estudio, se midieron propiedades analíticas y sintéticas del suelo para reconocer el estado de estos. A partir de los resultados obtenidos en ambas haciendas fue posible identificar espacialmente zonas de diferentes condiciones para la producción de maíz, donde se muestra que el mapa del indicador PPS determinado a partir de lógica difusa, logró diferenciar las zonas de baja y alta productividad, lo que permite una fertilización diferencial y una planificación en las demás labores culturales, disminuyendo los costos de producción. El documento es importante debido a que se analizaron algunos parámetros físicos del suelo, lo que permite servir como una guía metodológica para la investigación.

## 4.2 MARCO TEORICO

A continuación, se mencionan un conjunto de teorías existentes relacionadas con las variables de la investigación que pondrán en contexto el estudio presente y precisa la corriente de pensamiento en la que se inscribe esta.

### 4.2.1. Suelo

El suelo es un recurso vivo, dinámico y no renovable, el cual está necesitado de unas condiciones mínimas y adecuadas que le permitan llevar a cabo sin problemas aquellas funciones suficientes para su mantenimiento y conservación, así como para la producción de alimentos, y para el mantenimiento de la calidad ambiental local, regional y global. Los procesos de descomposición y respiración que suceden en él, fundamentalmente derivados de las acciones sobre su parte viva u orgánica, tienen un papel importante para el mantenimiento del balance entre la producción y el consumo del CO<sub>2</sub> de la biosfera, tanto para el reciclaje del C atmosférico que está en forma de CO<sub>2</sub> como para la formación de la materia orgánica, la cual es una reserva no solo del C atmosférico sino de otros elementos. (García, 2008).

**4.2.1.1 Propiedades físicas:** Las propiedades físicas pueden ser: Fundamentales. aquellas que no se derivan de otras y se encuentran dentro de este grupo el color, la textura, la estructura, la densidad, La consistencia, la temperatura. etc. Derivadas que como su nombre lo indica. Son todas las que nacen de la interacción de las fundamentales (Ramírez Carvajal, 1997).

#### 4.2.1.2 Propiedades químicas

**La capacidad de intercambio catiónico:** se define como el número de cargas negativas del suelo y se expresa en meq/ 100g de suelo. A valores altos de la ele existe una gran disponibilidad de los diferentes elementos en el suelo. Menores a 10 meq/ 100g.s. son bajos. entre 10 y 20 medios. de 20 a 30 altos y mayores a 30 meq/100g.s. muy altos . (Ramírez Carvajal, 1997).

**pH:** Es una de las propiedades fisicoquímicas más importante en los suelos, ya que de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica.

**Nitrógeno:** Esta mineralización se da en valores cercanos a pH 7, que es donde mayor desarrollo presentan las bacterias encargadas de la nitrificación y la fijación de nitrógeno . (Ramírez Carvajal, 1997).

**Fósforo:** El fósforo presenta su mayor disponibilidad con pH entre 6.5 y 7.5, siendo en ese rango donde se presenta la mayor mineralización de compuestos de fósforo orgánico y mineral . (Ramírez Carvajal, 1997)

**C.IC:** Un aumento en el pH origina cargas negativas libres y que pueden ser posiciones intercambiables entre los cationes presentes en la solución del suelo . (Ramírez Carvajal, 1997).

#### **4.1.3 Contaminación del suelo**

El suelo es un recurso vivo, dinámico y no renovable, el cual está necesitado de unas condiciones mínimas y adecuadas que le permitan llevar a cabo sin problemas aquellas funciones suficientes para su mantenimiento y conservación, así como para la producción de alimentos, y para el mantenimiento de la calidad ambiental local, regional y global. Los procesos de descomposición y respiración que suceden en él, fundamentalmente derivados de las acciones sobre su parte viva u orgánica, tienen un papel importante para el mantenimiento del balance entre la producción y el consumo del CO<sub>2</sub> de la biosfera, tanto para el reciclaje del C atmosférico que está en forma de CO<sub>2</sub> como para la formación de la materia orgánica, la cual es una reserva no solo del C atmosférico sino de otros elementos (García, 2008).

#### **4.2.3 Maíz**

Es considerado el tercer cultivo más importante del mundo, después del trigo y del arroz, debido a que se adapta ampliamente a las diversas condiciones ecológicas y edáficas, se lo cultiva en casi todo el mundo y se constituye, en alimento básico para

millones de personas, especialmente en América latina. El maíz es una de las plantas cuya producción es muy consumida a nivel país por las familias, por lo que el aumento de la productividad por área de superficie es una necesidad urgente, y se debe implementar nuevas prácticas agronómicas. El maíz muestra notoria predilección por suelos ricos en materia orgánica y dotada de adecuadas propiedades físicas y biológicas del suelo. (Guerrero “et al”, 2019)

#### **4.2.3.1 Condiciones especiales del maíz**

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

#### **4.3.4 Bioestimulación**

La bioestimulación es el método más empleado para reducir la concentración de contaminantes (Ortiz, et Al., 2005, p.52). En la bioestimulación la actividad natural de los microorganismos es estimulada por la circulación de soluciones a través del suelo contaminado con nutrientes y oxígeno u otro aceptor de electrones (Ortiz, et Al., 2005, p.52).

La bioestimulación está considerada como la alternativa más aplicable para la recuperación de suelos contaminados (Shmaefsky, 1999, citado por Ortiz et al, 2005, p.52). La bioestimulación, “se basa en el uso de nutrientes, sustratos o aditivos con actividad superficial para estimular el crecimiento y desarrollo de organismos capaces de

biodegradar compuestos contaminantes del medio ambiente” (Ortiz, et Al., 2005, p.52). Esta técnica es muy útil en el tratamiento de extensas zonas contaminadas de centros agrícolas donde no es posible o conveniente parar el proceso operativo para realizar el tratamiento requerido.

#### **4.3.4.1 Bioestimulación con extracto de cascaras de naranja**

La bioestimulación con cascaras de naranja es una técnica utilizada para la recuperación de suelos que han pasado por procesos agrícolas extensos y derrames de hidrocarburos. Esta técnica ha sido empleada en diversas investigaciones: (Torres 2019), demostró la eficacia de las cáscaras de naranja dulce (*Citrus sinensis*) obtenido con alcohol isopropílico, puede ser utilizado como bioestimulante para la remediación de suelos que han sido contaminados por petróleo crudo, realizando una serie de experimentos bajo condiciones controladas (invernadero) tomando en cuenta todas las variables involucradas, monitorizando de manera periódica el parámetro porcentaje de aceites y grasas.

Se demostró que según los resultados del monitoreo de la remediación con 150 mL de extracto de cáscaras de naranja dulce por kilogramo de suelo contaminado durante un periodo de 42 días continuos, llegándose a porcentajes de disminución de 84,2% para la disolución al 1%; 86,9% para la disolución al 3% y 90,5% para la disolución al 5%. La efectividad del tratamiento aumenta con la cantidad de extracto en la disolución y al aplicar un análisis de diferencia mínima significativa se demostró que existe diferencia entre los porcentajes de disminución de los Aceites y Grasas, siendo la DMS de 1,99%.

### **4.3 MARCO CONCEPTUAL**

A continuación, se mencionan un conjunto de términos técnicos previamente seleccionados que se manejarán con mayor frecuencia en el desarrollo del estudio de investigación, con la finalidad de contextualizar y hacer de forma más fácil y comprensible el trabajo de los interesados en la investigación.

**Bioaireación:** Consiste en proporcionar oxígeno al subsuelo estimulando la degradación por medio de microorganismos nativos, se ha convertido en una de las estrategias in situ más costo-efectivas disponibles para hacer frente a derrames de hidrocarburos de petróleo, ya que el aire se suministra mediante un sistema de inyección (García, J., et al, 2010).

**Contaminante:** sustancia o agente presente en el suelo como resultado de la actividad humana (ISO, 2013).

**Fertilidad:** La posibilidad de los suelos de albergar nutrientes derivados del nitrógeno, azufre y otros elementos de importancia para la vida vegetal. (Román P, 2013).

**Filtración:** la disolución y movimiento de sustancias disueltas por el agua (ISO, 2013).

**Material primario:** El material original (mineral y/o orgánico) del que se desarrolló el suelo por procesos pedogenéticos.

**Suelo:** la capa superior de la corteza terrestre transformada por la erosión y por procesos fisicoquímicos y biológicos. Está compuesto de partículas minerales, materia orgánica, agua, aire organismos vivos organizados en horizontes genéticos de suelo (ISO, 2013).

**Salud del Suelo:** la capacidad constante del suelo para funcionar como un sistema viviente determinante dentro de los sistemas y las fronteras de uso del suelo para sustentar la productividad biológica, promover la calidad de los medios de aire y agua y mantener la salud de plantas, animales y humanos (Doran, Stamatiadis and Haberern, 2002). Servicios del ecosistema del suelo: la capacidad de los procesos y componentes naturales para proveer de bienes y servicios que satisfagan las necesidades humanas, directa o indirectamente (Groot, 1992).

#### **4.4 MARCO CONTEXTUAL**

Bosconia es un municipio colombiano del departamento septentrional de Cesar, localizado en la región noroccidental del departamento. Bosconia se destaca en ser un punto estratégico de conectividad vial. La zona céntrica de su cabecera municipal se

destacar por ser un cruce en la que se une la Troncal del Magdalena, la Transversal de los Contenedores. Además, de una vía férrea (Alcaldía de Bosconia, 2023).

**Geografía:** Bosconia está localizado en la parte noroccidente del departamento de Cesar, limitando al norte con el municipio de El Copey, al oriente con jurisdicción de la ciudad de Valledupar, al sur con el municipio de El Paso y al occidente con el departamento del Magdalena separado de este por el río Ariguaní. El área total del municipio es de 609 km<sup>2</sup>. La cabecera municipal está localizada en el centro del municipio. Su población es de 38.634 habitantes (Alcaldía de Bosconia, 2023).

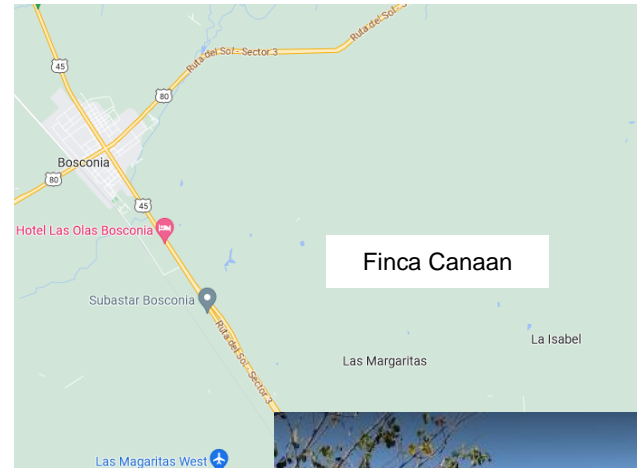
**Suelos:** El suelo rural está compuesto por suelos urbanos del segundo nivel, suburbanos, suelo rural y suelo de protección de acuerdo con las clasificación establecida por la ley 388 /97. El suelo rural-rural está compuesto por 7 unidades homogéneas que pose vocación agrícola, pecuaria, forestal y de reserva que direcciona los sistemas productivos hacia la producción agroforestal, silvicultura y agricultura orgánica.

**Actividades económicas:** las actividades económicas se basan en la producción de productos agrícolas y el pastoreo de ganado en las principales fincas de la vereda

## Figura 1

Ubicación finca Canaan





Nota: Fotografía adaptada de Google maps, 2024

## 4.5 MARCO LEGAL

Las siguientes normas rigen la investigación:

**Tabla 1**

Normatividad aplicable

Area tematica	Normativa	Descripcion	Aplicabilidad de la norma
<b>Recursos naturales</b>	CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA	ARTICULO 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.  ARTICULO 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los	Estos dos artículos son aplicables puesto que, ambos buscan garantizar y preservar los recurso naturales y el medio ambiente, lo cual se logra por medio de técnicas y estrategias como la recuperación del suelo de manera natural sin generar impactos al ambiente.

---

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.

**Recursos  
naturales**

Ley 99 De 1993

---

Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

Esta ley es importante ya que, gracias a esta se crea el principal órgano rector en el sector ambiente, el cual es el Ministerio del Medio Ambiente.

<b>Suelos</b>	Ley 388 De 1997, Artículo 33	Ordenamiento territorial, que reglamenta los usos del suelo	Esta ley es importante, sobre todo en su artículo 33, ya que, establece que en los POT se tenga en cuenta los usos del suelo y así darles el manejo adecuado.
<b>Recursos naturales</b>	Decreto Ley 2811 de 1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Ambiente.	Este decreto es relevante, ya que, es el código Nacional de Recursos Naturales entre estos el suelo y busca su Protección.
<b>Suelo</b>	Decreto 843 De 1979	Se dictan disposiciones para el control de la industria y comercio de los bonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo, alimentos para animales, plaguicidas de uso agrícola, defoliantes, reguladores fisiológicos de las plantas, drogas y productos biológicos de uso veterinario.	Este decreto es importante porque establece el uso y control de los fertilizantes, plaguicidas, entre otros, que generan impactos en las condiciones naturales del suelo.

<b>Suelo</b>	Resolución 170 De 2009	Por la cual se declara en Colombia el año 2009 como año de los suelos y el 17 de junio como Día Nacional de los Suelos y se adoptan medidas para la conservación y protección de los suelos en el territorio nacional.	Es aplicable ya que, conmemora el día de lo suelos y la importancia de u protección, objeto de investigación.
<b>Suelo</b>	Resolución 209 De 1978	Prohíbe el uso de Plaguicidas Organoclorados en el cultivo del café. Artículo Primero: Prohíbese la venta y el uso de productos organoclorados	Esta resolución es importante porque establece el uso y control de los plaguicidas, que generan impactos en las condiciones naturales del suelo.
<b>Suelo</b>	Resolución 447 De 1974	Prohíbe el uso y venta de Insecticidas Clorados con destino al cultivo del tabaco: Aldrin, BHC, Clordano, DDD, DDT	Esta resolución es importante porque establece el uso y control de los insecticidas que generan impactos en las condiciones naturales del suelo.

Nota: Tomado de Constitución política de Colombia (1991)

## 5. MARCO METODOLOGICO

### 5.1 LINEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN

Conforme al Acuerdo N°003 del 08 de julio de 2021 establecido por el Consejo de la Facultad de Ingeniería y Tecnológicas, la línea, sublínea y área temática a la cual se adscribe esta investigación:

La línea de investigación perteneciente al programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria es Sostenibilidad Y Gestión Ambiental,

Sublínea del programa corresponde a Gestión Integral Ambiental Del Suelo. (Acuerdo N°003 de 08 de julio de 2021).

Área de investigación: Procesos de restauración, recuperación, preservación y conservación de los suelos (biorremediación, biorremediación, entre otros).

### 5.2 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de investigación fue cuantitativo. Esto se debe a que se realizaron caracterizaciones fisicoquímicas, así como análisis de la eficiencia y tratamientos por medio del diseño experimental, por lo que se hizo uso de variables numéricas.

### 5.3 ALCANCE DE INVESTIGACIÓN

El alcance de investigación correspondió a correlacional, debido a que se analizó la relación entre los distintos factores que interactuaron en los tratamientos.

### 5.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población del presente proyecto estuvo conformada por 1 hectárea perteneciente a la finca Canaan, Vereda Boca De Tigre, Municipio De Bosconia, Cesar, donde se encuentran establecidos los cultivos y zonas productivas de esta.

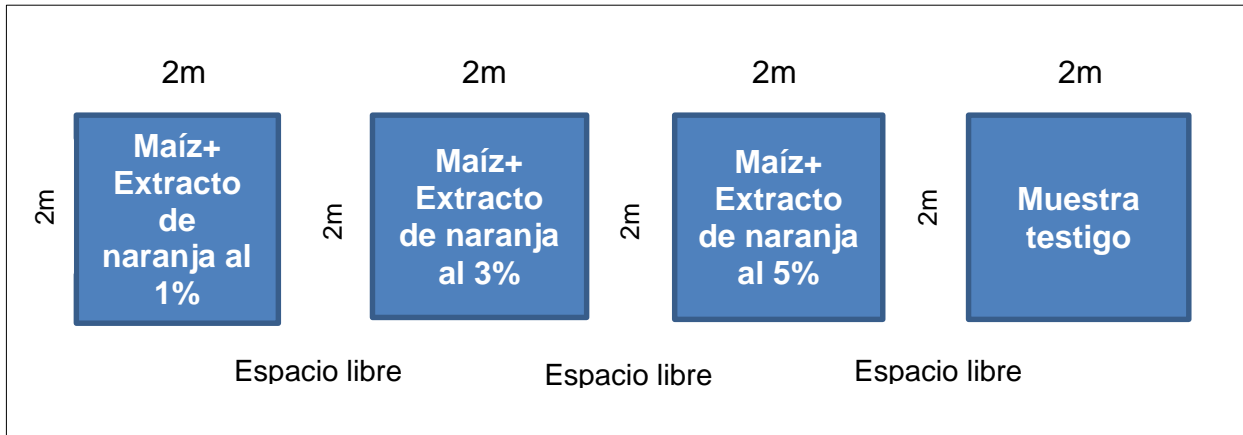
### 5.5 MUESTRA POBLACIONAL

La muestra del proyecto estuvo conformada por 4 tratamientos incluyendo el blanco, divididos en parcelas delimitadas de 2mx2m que fueron distribuidas en la hectárea que posee la finca. El diseño del parcelamiento se observa a continuación:

#### Figura 2



## Parcelamiento



Nota: Elaborado por el autor, 2024

## 5.5 DESARROLLO METODOLOGICO

**5.6.1 Etapa 1: Caracterizar fisicoquímicamente (densidad real, aparente, estructura, textura, color, C.I.C, pH, M.O) los suelos agrícolas de la finca Canaan, Vereda Boca De Tigre, Municipio De Bosconia, Cesar.**

### Actividad 1.1 Toma de muestras de suelo

**Descripción:** Antes de proceder a la toma de muestras de suelo se tuvo en cuenta la identificación de los puntos de muestreo, esto se realizó con ayuda de la guía para la toma de punto de muestreo suministrada por la Consultoría ICESI y Grupo de trabajo y producción sostenible, (2015).

La guía menciona que debe seguirse la siguiente expresión para establecer los puntos de muestreo teniendo en cuenta la división de los parcelamientos realizados.

Ecuación 1.

$$n = 5 + A$$

Donde:

n: Número de puntos de muestreo

A: área del entorno afectado o zona investigada en Ha.

Para la toma de muestras se tuvo en cuenta la guía del IGAC, (2015), la cual dependió del tipo de suelo.

**Figura 3**

Modelo de toma de muestras



Fuente: IGAC, 2015

**Actividad 1.2 Caracterización fisicoquímica del suelo**

**Descripción:** Para darle cumplimiento a esta actividad se siguió la metodología propuesta por (Zamora, et. Al, 2022), antecedente local de la UPC. Las muestras tomadas fueron trasladadas a un laboratorio de la ciudad. Se determinaron las siguientes:

**Tabla 2**

Caracterización fisicoquímica

Parámetro	Técnica	Indicador
	FÍSICAS	

<b>Densidad aparente</b>	Método del terrón parafinado. Método del cilindro	< 1 a > 1.8
<b>Densidad real</b>	Picnometria	Fluctúa entre 2.5 y 2.6 g/ cc.
<b>Textura</b>	método de bouyoucos	Arenosa Franco arenosa Franca Franco arcillosa Arcillosa
<b>Estructura</b>	Método de tamices.	<0. 5 inestable 0,5 – 1.5 lig estable 3,0 a 5.0 estable
<b>Color</b>	Método munsell	Varía de acuerdo con el tipo de color que se observe en campo.
<b>QUIMICAS</b>		
<b>Capacidad de intercambio catiónico (CIC)</b>	Método del acetato de amonio.	Arenoso 5-IS > 12 Franco 15-25 12-20 Arcilloso 25 ^ 20
<b>pH</b>	Método del pH metro o papel reactivo.	4.0 a 6 acido 7 neutro De 8,5 a 10 básico
<b>Materia orgánica</b>	método por titulación de walkley – black	< 0,7 < 1,2 Pobre 1,2 - 2,0 Satisfactorio 2,0 - 3,5 Rico 2,5 3,5 - 6,0 Muy rico

---

Fuente: Tomado de Caballero, et. Al, 2022

**5.6.2 Fase 2. Adecuar las Parcelas de Implementación de la especie *Zea Mays L. (Maíz)* y la bioestimulación con extractos hidroalcohólico de cascara de naranja en la Finca Canaan, Vereda Boca De Tigre, Municipio De Bosconia, Cesar.**

**Actividad 2.1 Establecimiento de la densidad de siembra ideales para la instalación**

**Descripción:** La densidad de siembra se calculó bajo la guía para la determinación de la densidad de siembra de la (FAO, 2000), la cual dependió del tamaño del parcelamiento y sus características.

**Actividad 2.2 Elaboración del extracto hidroalcohólico de las cascara de naranja.**

**Descripción:** para esta actividad se tomó como base la metodología de Marín, T. (2019), en su investigación: Crecimiento de plantas de maíz (*Zea mays*) en un suelo contaminado con petróleo y remediado con extracto de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*):

La obtención del extracto de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*) se realizó utilizando como solvente de extracción una mezcla de 70% alcohol isopropílico y 30 % agua. Las cáscaras de naranja fueron secadas al sol y trituradas en una mezcladora de cuchillas y colocada en una batería de 6 extractores Soxhlet con balones de 500 ml de solvente y 100 g de cáscaras de naranja por extractor. El extracto fue concentrado en un evaporador con una temperatura de 100 °C y presión atmosférica, para luego preparar la disoluciones al 1, 3 y 5% del mismo en agua destilada de 100ml cada una.

**Actividad 2.3 Establecimiento de la siembra de maíz.**

**Descripción:** Una vez establecida la densidad de siembra, el parcelamiento y el tratamiento a aplicar a cada una, se procedió a realizar la siembra del maíz.

En cada parcelamiento se les aplicaron las disoluciones de extracto de cascara de naranja preparadas a una dosis de 150 mL/kg de suelo. Una vez aplicados los productos se tomaron observaciones cada 7 días hasta un total de 30 días continuos del suelo, y anotará si existe alguna variación en su color, o textura. Esto se hizo de manera cualitativa como lo establece la metodología de Altieri & Nicholls (2002) para la evaluación de la calidad en los suelos.

**Tabla 3**

Asignación cuantitativa de valores correspondientes a las variables físicas según Altieri & Nicholls (2002)

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
<b>Compactación e infiltración</b>	Compacto, se anega	1
	Presencia de capa compacta delgada, el agua se infiltra lentamente	5
	Suelo no compacto, el agua se infiltra fácilmente	10
<b>Actividad Biológica</b>	Nula	1
	Moderada	5
	Abundante	10
<b>Color, olor y materia orgánica</b>	Suelo pálido, con mal olor o químico, y no se observa la presencia de materia orgánica o humus	1
	Suelo pardo claro o rojizo, con poco olor y con algún grado de materia orgánica o humus	5

---

Suelo de negro o pardo oscuro, con olor a 10 tierra fresca, se nota presencia abundante de materia orgánica y humus

---

Fuente: Altieri & Nicholls (2002)

Pasado los 30 días se procedió a sembrar las semillas de maíz en la cantidad establecida según la densidad de siembra. El cultivo se mantuvo durante dos meses, tiempo suficiente para analizar su comportamiento (Marín, T., 2019). Los parcelamientos quedaron estructurados de la siguiente manera:

Parcelamiento 1: X semillas de maíz + Extracto de naranja al 1%

Parcelamiento 2: X semillas de maíz + Extracto de naranja al 3%

Parcelamiento 3: X semillas de maíz + Extracto de naranja al 5%

Parcelamiento 4: X semillas de maíz sin extracto de naranja.

### **5.6.3 Fase 3. Determinar el porcentaje de recuperación del suelo por medio de la Especie *Zea Mays L.* (Maíz) y el extracto hidroalcohólico de cascaras de naranja en la Finca Canaan**

**Actividad 3.1** Seguimiento de adaptación de la siembra en los diferentes parcelamientos.

**Descripción:** Para el cumplimiento de esta actividad se siguió la metodología de Caballero, et. Al, 2022.

Para la evaluación del seguimiento se analizaron parámetros como color, aspecto y tamaño o crecimiento, se realizó por medio del método manual. Este es el más conocido y utilizado en las prácticas de laboratorio para determinar el crecimiento de vegetales; es directo y en la mayoría de los casos destructivo, debido a que el sistema vegetal estudiado es dañado. Así mismo, se tomó como guía base para el seguimiento el artículo

realizo por quintero, et. Al (2020), Comparación de técnicas experimentales para la medición del crecimiento vejeta, el cual explica cómo realizar el método manual, que, en el caso del crecimiento se puede clasificar de acuerdo con tres factores: lento, si al paso de los 30 primeros días de siembra no se logra observar la planta en crecimiento, medio, si al pasar 20 días se logra observar el crecimiento de la especie, y rápido, si al pasar los 10 días se logra visualizar su formación.

Para el caso del color, se tuvo en cuenta una valoración subjetiva, guiada por el método manual, conforme a la estandarización de colores según las enfermedades que puede presentar una planta.

**Actividad 3.2** Caracterización del suelo post tratamiento.

**Descripción:** Para esta actividad se siguieron los mismos pasos que en la fase 1, tomando las muestras de suelo una vez terminados los dos meses y sometidas a cada tratamiento específico. Se determinaron los siguientes parámetros:

**Tabla 4**

Caracterización fisicoquímica

Parámetro	Técnica	Indicador
<b>FÍSICAS</b>		
<b>Densidad aparente</b>	Método del terrón parafinado.	< 1 a > 1.8
	Método del cilindro	
<b>Densidad real</b>	Picnometria	Fluctúa entre 2.5 y 2.6 g/cc.
<b>Textura</b>	método de bouyoucos	Arenosa
		Franco arenosa
		Franca
		Franco arcillosa
		Arcillosa

<b>Estructura</b>	Método de tamices.	<0.5 inestable 0,5 – 1.5 lig estable 3,0 a 5.0 estable
<b>Color</b>	Método munsell	Varía de acuerdo con el tipo de color que se observe en campo.
<b>QUIMICAS</b>		
<b>Capacidad de intercambio catiónico (CIC)</b>	Método del acetato de amonio.	Arenoso 5-IS > 12 Franco 15-25 12-20 Arcilloso 25 ^ 20
<b>pH</b>	Método del pH metro o papel reactivo.	4.0 a 6 ácido 7 neutro De 8,5 a 10 básico
<b>Materia orgánica</b>	método por titulación de walkley – black	< 0,7 < 1,2 Pobre 1,2 - 2,0 Satisfactorio 2,0 - 3,5 Rico 2,5 3,5 - 6,0 Muy rico

Fuente: Tomado de Caballero, et. Al, 2022

### Actividad 3.3 Determinación del porcentaje de recuperación del suelo

**Descripción:** Se analizaron las variaciones de los parámetros de las muestras de suelos antes y después de someterse a los tratamientos, lo que nos llevó a identificar el porcentaje de recuperación del suelo por medio de la variación de cada parámetro. Para la determinación de la eficacia del tratamiento, se tomó como guía metodológica, la propuesta por Calderón, et. Al (2018), basada en la relación de la eficacia con la materia orgánica del suelo. La fórmula propuesta por los autores es la siguiente:

Ecuación 2.

$$E (\%) = 18.058 * M.O(\%) + 0.0293$$

Donde:

E (%): Eficiencia de tratamiento

M.O (%): Porcentaje de Materia orgánica aproximada

## 5.6 DISEÑO DE LA INVESTIGACION.

Los datos se tomaron directamente de los suelos agropecuarios en la Finca Canaan, Vereda Boca De Tigre, Municipio De Bosconia, Cesar y de los distintos ensayos.



## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA (DENSIDAD REAL, APARENTE, ESTRUCTURA, TEXTURA, COLOR, C.I.C, PH, M.O) DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE LA FINCA CANAAN, VEREDA BOCA DE TIGRE, MUNICIPIO DE BOSCONIA, CESAR.

#### 6.1.1 Toma de muestras de suelo

Con la finalidad de tomar adecuadamente las muestras de suelo a analizar, se determinaron los puntos de muestreo para la caracterización física, química y biológica. El terreno usado para la división del parcelamiento se presenta a continuación por medio del siguiente esquema:

**Figura 4**

Plano de parcelamiento



Nota: Tomado de archivos de la finca Canaan. La parcela de estudio es la 62 con 814,2 m<sup>2</sup>.

Una vez delimitada la parcela, se procedió a dividir el terreno de la finca San Martín en 4 parcelamientos para la toma de muestras.

**Tabla 5**

División del terreno para puntos de muestreo.

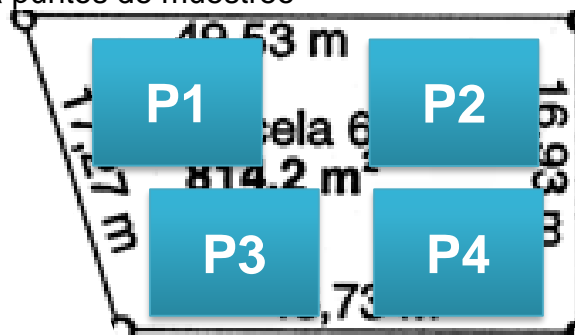
Parcelamientos	Tratamientos
Parcelamiento 1 50 m <sup>2</sup> de 10m * 5 m	X semillas de maíz + Extracto de naranja al 1%
Parcelamiento 2 50 m <sup>2</sup> de 10m * 5 m	X semillas de maíz + Extracto de naranja al 3%
Parcelamiento 3 50 m <sup>2</sup> de 10m * 5 m	X semillas de maíz + Extracto de naranja al 5%
Parcelamiento 4 50 m <sup>2</sup> de 10m * 5 m	X semillas de maíz sin extracto de naranja

Nota: Elaborado por el autor, 2024

El esquema a continuación ilustra a detalle el tratamiento usado en cada parcelamiento

### Figura 5

División del terreno para puntos de muestreo



Nota: Parcelamiento elaborado por el autor, 2024

Para el establecimiento de los puntos de muestreo se siguieron las recomendaciones de la consultoría ICESI y Grupo de trabajo y producción sostenible, (2015), quienes indican que para hacer una muestra significativa se deben recoger 1kg

de suelo de cada parcelamiento definido, por esta razón, se establecieron 3 puntos aleatorios de muestreo en cada una de las parcelas delimitadas. Aunque los puntos fueron tomados aleatoriamente, se establecieron a distancias relativamente cercanas que cubrieran la totalidad de la parcela, para que fuese representativo del terreno.

## Figura 6

Puntos de muestreo



Nota: Fotografía tomada por el autor, 2023

Una vez definidos los puntos de muestreo plasmados con anterioridad, se procedió a tomar muestras de suelo, posteriormente se mezclaron con las muestras de los puntos sucesivos a cada profundidad, formando una muestra compuesta la cual se llevó para su análisis. Los pasos seguidos para la toma de muestras de suelo se realizaron conforme a la guía de muestreo de suelos proporcionado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (2015).

Posteriormente, se abrió un hoyo de aproximadamente 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad, se retiraron los 2 cm primeros del suelo, y se extrajo la muestra. Una

vez obtenidos todas las muestras se procedió a mezclar en un balde las submuestras hasta obtener una muestra compuesta homogénea. Por último, se empacó aproximadamente 1 kg en bolsas plásticas y se rotularon con fecha y hora.

### Figura 7

Toma de muestras

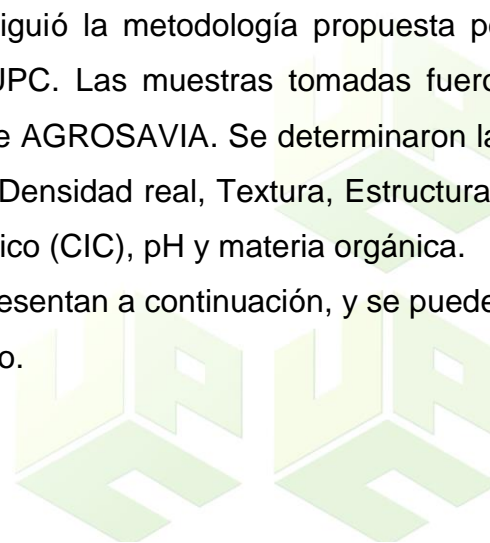


Nota: Fotografía tomada por el autor, 2023

#### **6.1.2 Caracterización fisicoquímica del suelo**

Para darle cumplimiento a esta actividad se siguió la metodología propuesta por (Zamora, et. Al, 2022), antecedente local de la UPC. Las muestras tomadas fueron trasladadas a un laboratorio de química analítica de AGROSAVIA. Se determinaron las siguientes parámetros físicos: Densidad aparente, Densidad real, Textura, Estructura y Color; y químicos: Capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH y materia orgánica.

Los resultados de la caracterización inicial se presentan a continuación, y se pueden constatar en el anexo 1 como soporte del laboratorio.



**Tabla 6**

Resultados de la caracterización inicial

Parámetro	Unidad	Método	Valor	Interpretación
<b>pH (1:2,5)</b>	Unidad de pH	Acidez activa/pH en suelos GA-R-46, versión 06, 2021-10-25.	6,71	Neutro
<b>Conductividad eléctrica (CE) (1:5)</b>	dS/m	NTC 5596:2008 Método B	0,15	No salino
<b>Materia Orgánica (MO)</b>	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkey & Black	1,34	Bajo
<b>Carbono Orgánico (CO)</b>	g/100g	Determinación de Carbono orgánico en suelo GA- R-119 versión 4, 2021-10-25.	0,78	
<b>Fosforo (P) Disponible (Bray II)</b>	mg/kg	Fósforo disponible en suelos GA-R-48, versión 07, 2021-10-25.	6,38	Bajo
<b>Azufre (S) disponible</b>	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	3,48	Bajo
<b>Capacidad Interc Catiónico Efect (CICE)</b>	cmol(+)/kg	Cálculo	4,17	Bajo
<b>Boro (B) Disponible</b>	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	0,11	Bajo
<b>Acidez (Al+H)</b>	cmol(+)/kg	KCl	ND	No indica
<b>Aluminio (Al) Intercambiable</b>	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
<b>Calcio (Ca) disponible</b>	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos	3,001	Medio
<b>Magnesio (Mg) Disponible</b>	cmol(+)/kg	GA-R-50 versión9, 2021-10-25.	0,92	Bajo

<b>Potasio (K) Disponible</b>	cmol(+)/kg		0,10	Bajo
<b>Sodio (Na) Disponible</b>	cmol(+)/kg		0,14	Normal
<b>Hierro (Fe) olsen Disponible</b>	mg/kg		26,94	Medio
<b>Cobre (Cu) olsen Disponible</b>	mg/kg	NTC 5526:2007 Método D.	<1.00	Bajo
<b>Manganeso (Mn) olsen Disponible</b>	mg/kg		3,78	Bajo
<b>Zinc (Zn) olsen Disponible</b>	mg/kg		<1.00	Bajo
<b>Saturación de Calcio</b>	%		72	Alto
<b>Saturación de Magnesio</b>	%		22	Medio
<b>Saturación de Potasio</b>	%	Cálculo	2	Medio
<b>Saturación de Sodio</b>	%		3	Normal
<b>Saturación de Aluminio</b>	%		0	Normal

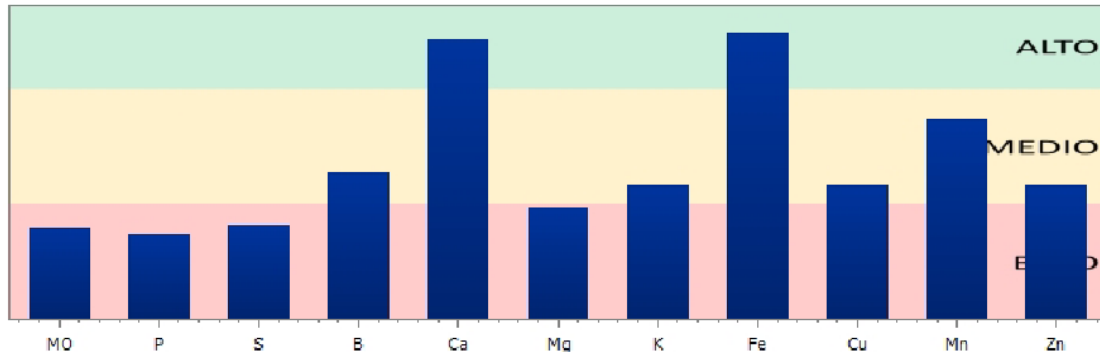
Nota: Tomado de informe AGROSAVIA, 2023

1) interpretación basada en: ICA,1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de asistencia N 25;  
 2) ND = No Determinado; 3) Se hace corrección por pW (factor de corrección por humedad) para los análisis de Materia orgánica (MO), Fósforo disponible (P) Bray II, Azufre disponible (S), Acidez intercambiable (AI+H), Aluminio intercambiable (Al), Calcio intercambiable (Ca), Magnesio Intercambiable, Potasio intercambiable (K), Sodio intercambiable (Na), Hierro disponible (Fe)Olsen, Manganeso disponible (Mn) Olsen, Zinc disponible (Zn) Olsen, Cobre disponible (Cu) Olsen y Boro disponible (B). El alcance de acreditación para calcio intercambiable es de, rango bajo 0,06 cmol (+)/kg a 0,52 cmol (+)/kg y rango alto 0,55 cmol (+)/kg a 2196 cmol (+)/kg.

El método utilizado para determinar micronutrientes en suelo bajo la NTC 5526:2007 Método D.

**Figura 8**

Grafica de interpretación de resultados



Nota: Tomado de informe AGROSAVIA, 2023

Conforme a los resultados obtenidos se evidencia que el suelo es de reacción neutra, sin problemas por acidez, no es necesaria la aplicación de enmiendas calcáreas. Existe disponibilidad baja de Nitrógeno considerando el porcentaje bajo de materia orgánica, se recomienda la aplicación de Nitrógeno. Según Lewis (2019), una correcta aireación del suelo proporciona suficiente O<sub>2</sub> a las bacterias aerobias y aerobias facultativas fijadoras que suministran nitrógeno orgánico a las plantas y evitan su inanición. Si el contenido de aire en el suelo es bajo, las bacterias desnitrificantes utilizarán NO<sub>2</sub> o NO<sub>3</sub> en su lugar, lo que da paso a que las hojas empiecen a marchitar y secarse, tornándose de un color café claro o amarillento. - Crecimiento aumentado de la raíz, y un crecimiento atrofiado del tallo.

Un suelo neutro es cuando presenta porcentajes equilibrados y disponibilidad de los elementos químicos primarios y secundarios (Lewis, 2019). Los suelos con una CE menores de 1 dS/m se clasifica como un suelo libre de sales y no presentan restricción para ningún cultivo (Castellanos, 2000).

Por otra parte, los micronutrientes forman parte de los nutrientes esenciales, los cuales son requeridos en cantidades muy pequeñas como parte de diversos sistemas enzimáticos de las plantas. Los micronutrientes esenciales para las plantas son boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn). El inadecuado suministro de micronutrientes en el suelo puede limitar el crecimiento y rendimiento de

cultivos. Según Arias (2020), el cultivo del maíz es sensible a la deficiencia de hierro y zinc, por lo que se imposibilita el crecimiento adecuado de las plantas, o se presentan bajo coloraciones amarillas y marchitas. La deficiencia de zinc suele ocurrir en suelos calcáreos, con pH neutros, de textura arenosa, fósforo alto y erosionados (Lewis, 2019). Algunos de los síntomas más comunes por deficiencia de estos incluyen: retraso en el crecimiento; retraso de maduración; hojas amarillas y marchitas (en especial, las hojas más jóvenes); hojas gruesas, arrugadas, onduladas o frágiles; puntos de crecimiento muerto; flores, brotes o semillas muertas; interior de grano deficiente; frutas deformes y un aumento en las enfermedades radiculares.

## **6.2 ADECUACIÓN DE LAS PARCELAS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ESPECIE ZEA MAYS L. (MAÍZ) Y LA BIOESTIMULACIÓN CON EXTRACTOS HIDROALCOHÓLICO DE CASCARAS DE NARANJA EN LA FINCA CANAAN, VEREDA BOCA DE TIGRE, MUNICIPIO DE BOSCONIA, CESAR.**

### **6.2.1 Establecimiento de la densidad de siembra ideales para la instalación**

La densidad de siembra se calculó bajo la guía para la determinación de la densidad de siembra de la (FAO, 2000), la cual dependió del tamaño del parcelamiento y sus características.

En primer lugar, se determinó la distancia de siembra, la cual entre parcelas se dejó 1 metro entre plántula y plántula, con la finalidad de observar el comportamiento de las especies con diferentes separaciones. Así mismo, según las recomendaciones de la guía metodológica del SENA (2018): Trazado para la siembra, se estableció el trazado cuadrado, el cual cumplía con la topografía del terreno. Este sistema de trazado recomendable únicamente para terrenos planos o de muy poca pendiente; los terrenos con pendientes mayores del 5% quedan sin protección y el agua lluvia corre por las calles y arrastra el suelo. De esta manera, se pudo determinar la densidad de siembra para las parcelas objeto de estudio. Para las parcelas de 1x1 la densidad de siembra será de 29

semillas. Conforme a lo anterior, se implementó al siembra de 29 semillas de cada especie establecida.

### **6.2.2 Elaboración del extracto hidroalcohólico de las cascaras de naranja.**

Para esta actividad se tomó como base la metodología de Marín, T. (2019), en su investigación: Crecimiento de plantas de maíz (*Zea mays*) en un suelo contaminado con petróleo y remediado con extracto de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*). Los pasos realizados se mencionan a continuación:

- En primer lugar, se realizó la recolección de cascaras de naranja durante 3 días en los diferentes puestos de naranja de la ciudad. Se logró recolectar 3 kilos de cascaras.
- Las cascaras fueron lavadas y secadas al sol durante 1 día.

#### **Figura 9**

Proceso de secado de las cascaras de naranja



Nota: Fotografía tomada por el autor, 2023

3. Posteriormente, las naranjas fueron partidas y trituradas en un molino convencional, hasta obtener un polvo fino, el cual fue trasladado al laboratorio de la Universidad Popular del Cesar.

### Figura 10

Triturado de cascaras de naranja

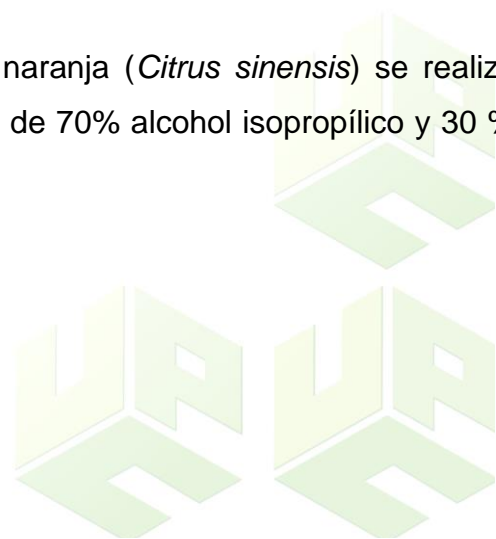


Nota: Fotografía tomada por el autor, 2023

5. La obtención del extracto de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*) se realizó utilizando como solvente de extracción una mezcla de 70% alcohol isopropílico y 30 % agua.

### Figura 11

Obtención del extracto





Nota: Fotografía tomada por el autor, 2023

6. Las cascarras fueron disueltas en 100ml de agua destilada, y mezcladas durante 5 minutos para obtener una mezcla homogénea, la cual fue expuesta al sol durante 1 día.

### Figura 12

Extracto al sol



Nota: Fotografía tomada por el autor, 2023

6. El extracto fue colado con papel filtro para obtener solo la parte líquida, para luego preparar la disoluciones al 1, 3 y 5% del mismo en agua destilada de 100ml cada una.

### Figura 13

## Extracto



Nota: Fotografía tomada por el autor, 2023

### 6.2.3 Establecimiento de la siembra de maíz.

Una vez establecida la densidad de siembra, el parcelamiento y el tratamiento a aplicar a cada una, se procedió a realizar la siembra del maíz. En cada parcelamiento se les aplicaron las disoluciones de extracto de cascara de naranja preparadas a una dosis de 150 mL/kg de suelo. La siembra fue establecida el 25 de noviembre de 2023.

### Figura 14

Aplicación del extracto de naranja a las parcelas



Nota: Fotografía tomada por el autor, 2023

Una vez aplicados los productos se tomaron observaciones cada 7 días hasta un total de 30 días continuos del suelo, y anotaré si existe alguna variación en su color, o textura. Esto se hizo de manera cualitativa como lo establece la metodología de Altieri & Nicholls (2002) para la evaluación de la calidad en los suelos. La tabla evidencia las características de cada parcelamiento.

**Tabla 7**

Seguimiento al suelo

Variable	Descripción	Valor	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4
<b>Compactación e infiltración</b>	Compacto, se anega	1				
	Presencia de capa compacta delgada, el agua se infiltra lentamente	5	5	5	10	5
	Suelo no compacto, el agua se infiltra fácilmente	10				
<b>Actividad Biológica</b>	Nula	1				
	Moderada	5	5	5	5	5
	Abundante	10				
<b>Color, olor y</b>	Suelo pálido, con mal olor o químico, y no se observa la presencia	1	5	10	10	5

**materia orgánica** de materia orgánica o humus

---

Suelo pardo claro o rojizo, con poco olor y con algún grado de materia orgánica o humus 5

---

Suelo de negro o pardo oscuro, con olor a tierra fresca, se nota presencia abundante de materia orgánica y humus 10

---

Nota: La tabla permite conocer las características de los suelos

### **6.3 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DEL SUELO POR MEDIO DE LA ESPECIE ZEA MAYS L. (MAÍZ) Y EL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE CASCARAS DE NARANJA EN LA FINCA CANAAN**

#### **6.3.1 Seguimiento de adaptación de la siembra en los diferentes parcelamientos.**

Para el cumplimiento de esta actividad se *siguió* la metodología de Caballero, et. Al, 2022. Para la evaluación del seguimiento se analizaron parámetros como color, aspecto y tamaño o crecimiento, se realizó por medio del método manual. Así mismo, se tomó como guía base para el seguimiento el artículo realizado por Quintero, et. Al (2020), Comparación de técnicas experimentales para la medición del crecimiento vegetal, el cual explica cómo realizar el método manual.

**Tabla 8**

Seguimiento parcelas

<b>Parcela 1</b>									
Tratamiento: 29 semillas + extracto de naranja al 1%									
<b>Indicador</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>	<b>Semana 5</b>	<b>Semana 6</b>	<b>Semana 7</b>	<b>Semana 8</b>	<b>Semana 9</b>
<b>Tiempo de crecimiento</b>	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido
<b>Aspecto</b>	No había hojas	No había hojas	No había hojas	Hojas débiles	Hojas débiles	Hojas débiles	Hojas débiles	Hojas débiles	Hojas normales
<b>Tamaño</b>	0cm	0cm	5cm	10cm	12cm	12cm	15cm	18cm	20cm
<b>Color</b>	No había hojas	No había hojas	No había hojas	Verde	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso

**Parcela 2**

Tratamiento: 29 semillas + extracto de naranja al 3%

Indicador	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana 7	Semana 8	Semana 9
	1	2	3	4	5	6			
<b>Tiempo de crecimiento</b>	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido
<b>Aspecto</b>	No había hojas	No había hojas	Hojas débiles	Hojas débiles	Hojas normal	Hojas gruesas	Hojas gruesas	Hojas gruesas	Hojas gruesas
<b>Tamaño</b>	0cm	0cm	5cm	12cm	12cm	15cm	15cm	18cm	21cm
<b>Color</b>	No había hojas	No había hojas	Verde	Verde	Verde	Verde fuerte	Verde fuerte	Verde fuerte	Verde

**Parcela 3**

Tratamiento: 29 semillas + extracto de naranja al 5%

Indicador	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9
<b>Tiempo de crecimiento</b>	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido
<b>Aspecto</b>	No había hojas	No había hojas	Hojas débiles	Hojas débiles	Hoja corrugada	Hoja corrugada	Hoja corrugada	Hoja corrugada	Hoja corrugada
<b>Tamaño</b>	0cm	0cm	5cm	10cm	10cm	10cm	15cm	18cm	18cm
<b>Color</b>	No había hojas	No había hojas	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso

**Parcela 4**

Tratamiento: 29 semillas sin extracto de naranja (control)

Indicador	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9
<b>Tiempo de crecimiento</b>	Lento	Lento	Lento	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido
<b>Aspecto</b>	No había hojas	No había hojas	No había hojas	No había hojas	Hojas débiles	Hojas débiles	Hojas débiles	Hojas débiles	Hojas débiles
<b>Tamaño</b>	0cm	0cm	0cm	0cm	10cm	15cm	15cm	15cm	16cm
<b>Color</b>	No había hojas	No había hojas	No había hojas	No había hojas	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso

Las imágenes permiten conocer la evolución de las plantas por parcela

### Figura 15

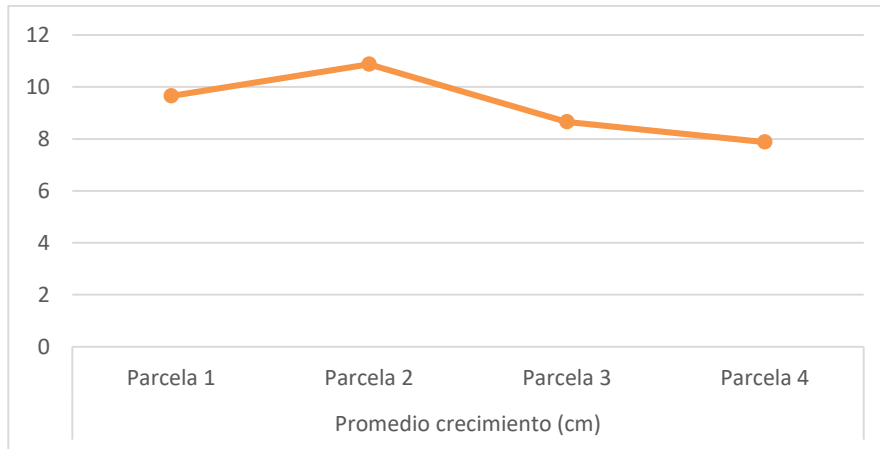
Seguimiento a las parcelas



Nota: Las imágenes corresponden a la parcela 1 (izquierda), y parcela 2(derecha) donde se evidencia el desarrollo de las plantas en colores verdosos, tallos sanos y rapidez de crecimiento folicular. Tomadas por los autores, 2024.

### Figura 16

Promedio de crecimiento



Nota: Elaborado por el autor, 2024

Conforme a los resultados de crecimiento de las parcelas se logra evidenciar que la parcela 1 y 2 presentan los mejores resultados de crecimiento y color; ya que, se alcanzan promedios de 9,66 cm y 10,88cm respectivamente, con verdes vivos a diferencia de las parcelas 3 y 4 que presentan colores opacos y amarillentos. Por otra parte, el crecimiento se presentó a partir de la semana 3 en las parcelas 1,2, y 3; excepto en la parcela control, por lo que podría deducirse que las concentraciones del extracto de naranja pudieron representar un acelerador de crecimiento en el suelo, al aumentar los nutrientes presentes (López, 2020).

Para el caso del aspecto de las hojas se ha de resaltar que en la parcela control las hojas se mostraron débiles y opacas, en la parcela 3 mostraron buen resultado las primeras semanas, sin embargo, en las últimas se mostraron corrugadas, lo que podría deberse a la concentración al 5% del extracto de naranja, a diferencia de las parcelas 1 y 2, en las que esta característica no se presentó.

### **6.3.2 Caracterización del suelo post tratamiento.**

Para esta actividad se siguieron los mismos pasos que en la fase 1, tomando las muestras de suelo una vez terminados los dos meses y sometidas a cada tratamiento específico.

Los resultados de la caracterización final se presentan a continuación, y se pueden constatar en el anexo 2 como soporte del laboratorio.

**Tabla 9**

Resultados de la caracterización final

Parámetro	Unidad	Método	Valor	Interpretación
<b>pH (1:2,5)</b>	Unidad de pH	Acidez activa/pH en suelos GA-R-46, versión 06, 2021-10-25.	6,7	Neutro
<b>Conductividad eléctrica (CE) (1:5)</b>	dS/m	NTC 5596:2008 Método B	0,53	No salino
<b>Materia Orgánica (MO)</b>	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkey & Black	3,2	Medio
<b>Carbono Orgánico (CO)</b>	g/100g	Determinación de Carbono orgánico en suelo GA- R-119 versión 4, 2021-10-25.	1,2	
<b>Fosforo (P) Disponible (Bray II)</b>	mg/kg	Fósforo disponible en suelos GA-R-48, versión 07, 2021-10-25.	8,7	Medio
<b>Azufre (S) disponible</b>	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	4,2	Bajo
<b>Capacidad Interc Catiónico Efect (CICE)</b>	cmol(+)/kg	Cálculo	4,7	Medio
<b>Boro (B) Disponible</b>	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	0,12	Bajo
<b>Acidez (Al+H)</b>	cmol(+)/kg	KCl	ND	No indica
<b>Aluminio (Al) Intercambiable</b>	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
<b>Calcio (Ca) disponible</b>	cmol(+)/kg		4,2	Medio

<b>Magnesio (Mg) Disponible</b>	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión9, 2021-10-25.	1,3	Bajo
<b>Potasio (K) Disponible</b>	cmol(+)/kg		0,72	Bajo
<b>Sodio (Na) Disponible</b>	cmol(+)/kg		0,2	Normal
<b>Hierro (Fe) olsen Disponible</b>	mg/kg	NTC 5526:2007 Método D.	27,2	Medio
<b>Cobre (Cu) olsen Disponible</b>	mg/kg		<1.00	Bajo
<b>Manganeso (Mn) olsen Disponible</b>	mg/kg		4,1	Bajo
<b>Zinc (Zn) olsen Disponible</b>	mg/kg		<1.00	Bajo
<b>Saturación de Calcio</b>	%		70	Alto
<b>Saturación de Magnesio</b>	%		25	Medio
<b>Saturación de Potasio</b>	%	Cálculo	2	Medio
<b>Saturación de Sodio</b>	%		3	Normal
<b>Saturación de Aluminio</b>	%		0	Normal

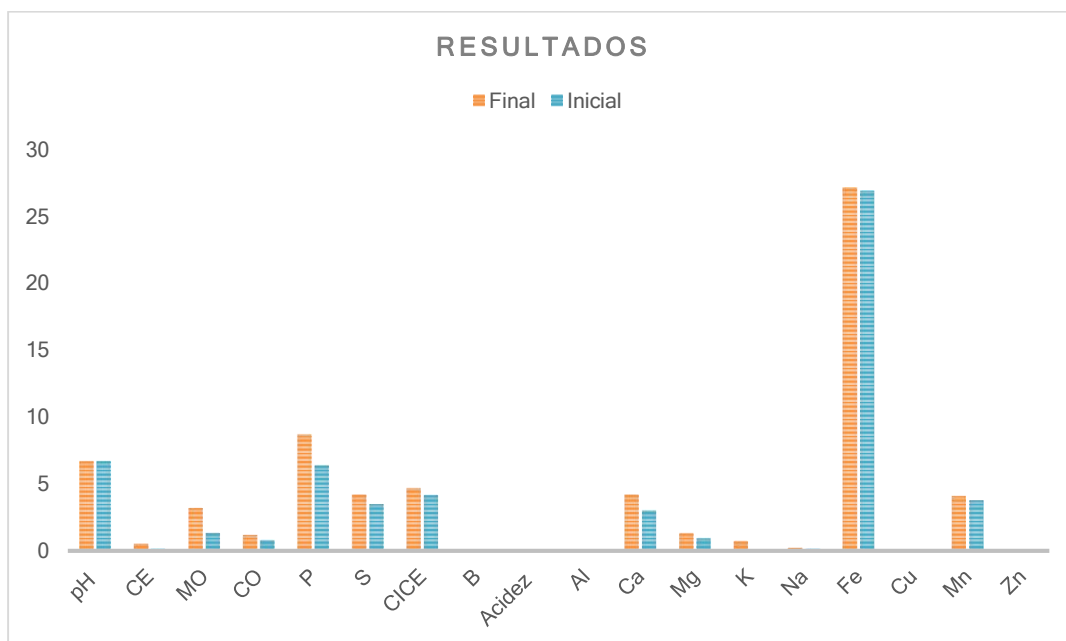
Nota: Tomado de informe AGROSAVIA, 2023

1) interpretación basada en: ICA,1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de asistencia N 25;  
 2) ND = No Determinado; 3) Se hace corrección por pW (factor de corrección por humedad) para los análisis de Materia orgánica (MO), Fósforo disponible (P) Bray II, Azufre disponible (S), Acidez intercambiable (AI+H), Aluminio intercambiable (Al), Calcio intercambiable (Ca), Magnesio Intercambiable, Potasio intercambiable (K), Sodio intercambiable (Na), Hierro disponible (Fe)Olsen, Manganeso disponible (Mn) Olsen, Zinc disponible (Zn) Olsen, Cobre disponible (Cu) Olsen y Boro disponible (B). El alcance de acreditación para calcio intercambiable es de, rango bajo 0,06 cmol (+)/kg a 0,52 cmol (+)/kg y rango alto 0,55 cmol (+)/kg a 2196 cmol (+)/kg.

Conforme a los resultados obtenidos en la caracterización final se establece que el suelo posee buenas características para uso agrícola, ya que posee una cantidad muy alta de materia orgánica, esto según lo que establece Rioja (2002) citado por Pavón (sf) el cual indica que cantidades de MOT mayores a 3,1% en suelos de clima cálido se clasifica como muy alta. Este suelo se puede clasificar como de tipo Molisol, que es un suelo propio de pradera donde la descomposición de las hojas de las gramíneas induce la gran concentración de materia orgánica como lo reseña la Soil Survey Staff (2010). Posee una textura franco-arenosa arcillosa que le da propiedades de alta porosidad (50%) con densidades propias de suelo de textura fina (Flores, 2019).

### Figura 17

Comparación de resultados



Nota: Elaborado por el autor, 2023

Se evidencia que para la caracterización final hubo un aumento significativo en los micronutrientes del suelo comparados con la caracterización inicial, lo anterior puede deberse a las propiedades del extracto de naranja para la biorremediación de suelos, ya

que, la naranja tiene bioestimulantes que se basa en el uso de nutrientes con actividad superficial para estimular el crecimiento y desarrollo de organismos capaces de biodegradar compuestos contaminantes del medio ambiente” (Ortiz, at., 2005, p.52). Los micronutrientes forman parte de los nutrientes esenciales, los cuales son requeridos en cantidades muy pequeñas como parte de diversos sistemas enzimáticos de las plantas. Los micronutrientes esenciales para las plantas son boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn).

En ambos casos la conductividad eléctrica se presentó menores de 1 dS/m se clasifica como un suelo libre de sales y no presentan restricción para ningún cultivo (Castellanos, 2000). Por otra parte, la MO en la caracterización final aumentó lo que además muestra que la densidad de las disoluciones disminuye con el aumento de la cantidad de extracto, debido a que el mismo es menos denso y al aumentar su cantidad en la mezcla la densidad disminuye (Castellanos, 2000).

### 6.3.3 Determinación del porcentaje de recuperación del suelo

Una vez elaboradas las tablas se analizaron las variaciones de los parámetros de las muestras de suelos antes y después de someterse a biorremediación, lo que nos llevó a identificar el porcentaje de recuperación del suelo por medio de la variación de cada parámetro.

Para la determinación de la eficacia del tratamiento, se tomó como guía metodológica, la propuesta por Calderón, et. Al (2018), basada en la relación de la eficacia con la materia orgánica del suelo.

**Tabla 10**

Eficiencia

	<b>Materia orgánica</b>	<b>Eficacia de recuperación</b>
<b>Suelo inicial</b>	1,34	27%
<b>Suelo final</b>	3,2	65%

Nota: Elaborado por el autor, 2024

Se evidencia que gracias a la aplicación del extracto de naranja en el suelo, se logró una eficiencia de recuperación del 65%. Sin embargo, aun los micronutrientes no alcanzan valores opimos para establecimiento de cultivos agrícolas de manera adecuada, por lo que se sugiere la aplicación de Nitrógeno. Para el Fósforo y el Azufre se recomienda su aplicación debido a sus bajos contenidos en el suelo. Para las bases de cambio Calcio, Magnesio y Potasio se recomienda su aplicación debido a sus moderados a bajos niveles edáficos. En cuanto a los micronutrientes es recomendable la aplicación de Hierro, Manganeso, Zinc y Boro como consecuencia de sus moderadas a bajas concentraciones nativas.

### 6.3.3 Diseño experimental

A continuación se presenta el resultados del análisis de varianza de dos factores (ANOVA Factorial) aplicado a los resultados obtenidos del crecimiento promedio de las plantas. En la tabla se muestran los resultados obtenidos a partir del ANOVA Factorial en el cual se toman como factores o variables independientes el tiempo y las muestras y la variable dependiente el crecimiento promedio de las plantas.

**Tabla 11**

Resultado de ANOVA

Fuente de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	P-Valor	F crítica
Tiempo	2355,78	6	392,63	14,44	0,00	2,66
Muestra	1142,32	3	380,77	14,00	0,00	3,16
Error	489,42	18	27,19			
Total	3987,51	27				

Nota: Elaborado por el autor, 2024

El ANOVA factorial muestra que existe influencia estadísticamente significativa de los dos factores en estudio (tiempo y muestra) sobre la altura promedio de las plantas, lo

que significa que tanto el tiempo como la muestra de suelo contaminado y remediado son factores importantes para el desarrollo de las plantas de maíz.

**Tabla 12**

Contraste de Rangos por DMS de Fisher para el tamaño promedio de las plantas

Tiempos en días	Extracto 1%	Extracto 3%	Extracto 5%	Blanco
5	A	A	A	A
10	A	A	A	A
15	A	A	A	A
20	A	A	A	A
25	A	A	A	A
30	A	B	A	A
35	B	B	A	A
40	B	B	A	A
45	B	B	A	A
DMS (Muestra) = 12,0 cm				
DMS (Tiempo) = 12,9 cm				

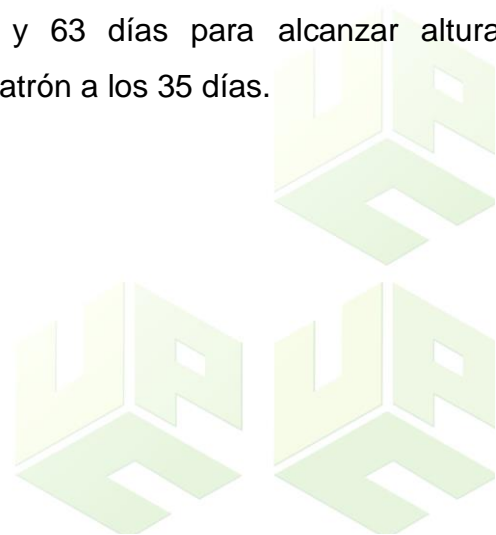
Nota: Elaborado por el autor, 2024

El análisis por diferencia mínima significativa muestra según lo que se observa en la Tabla 12 que el crecimiento promedio en los días de monitoreo para las plantas sembradas en las muestras de suelo remediadas es moderadamente similar desde el punto de vista estadístico durante todo el tiempo de ensayo; este resultado está en concordancia con lo obtenido por Quiñónez-Aguilar et al (2008) donde se muestra que las plantas de maíz crecen de forma estadísticamente similar en suelos de baja fertilidad.

En la Tabla 12 también se observa que al comparar el crecimiento promedio de las plantas de maíz en los suelos remediados con las plantas en el suelo patrón, el mismo es igual hasta el día 25, a partir del cual se evidencia diferencia significativa favorable al

crecimiento de las plantas en el suelo patrón. Un resultado similar fue reportado por Quiñónez-Aguilar et al (2008) en donde las plantas cultivadas en el suelo sin contaminar crecieron similarmente a las plantas de los suelos contaminados (15000, 25000 y 35000 mg/kg de suelo) respecto al valor de la altura de la parte aérea.

El comportamiento gráfico del crecimiento de las plantas de maíz se observa en la Figura 16, donde se corrobora que hasta el día 20 todas las plantas siguen una tendencia regular y similar, sobre todo en las muestras de suelo remediadas. A partir de este tiempo se observa como las plantas en la muestra de la parcela 3 cambian su desarrollo y se alejan de la tendencia original, lo cual coincide con el cambio en la significancia estadística mostrada en la Tabla 12. Beltrán (2014) obtuvo para dos tipos de maíz, uno de variedad y uno híbrido un crecimiento basado en la altura de 21 cm y 18 cm respectivamente para el mismo período (35 días) en suelos que fueron fertilizados y bajo condiciones óptimas, resultado inferior a los obtenidos en este estudio incluso para los suelos remediados, lo cual demuestra la eficiencia de los tratamientos y la calidad del suelo en estudio. Este resultado se puede deber a que la cantidad alta de materia orgánica presente en el suelo original deja luego de la remediación una cantidad suficiente para el desarrollo de las plantas, lo que también influyó en el mayor desarrollo de las plantas en el suelo patrón, las cuales superaron lo obtenido por Beltrán (2014) en cuyo estudio las plantas necesitaron entre 56 y 63 días para alcanzar alturas equivalentes a las máximas obtenidas en el suelo patrón a los 35 días.



## 7. CONCLUSIONES

Se establecieron cuatro parcelamientos definidos así: Parcelamiento 1, X semillas de maíz + Extracto de naranja al 1%; Parcelamiento 2, X semillas de maíz + Extracto de naranja al 3%; Parcelamiento 3, X semillas de maíz + Extracto de naranja al 5%; Parcelamiento 4, X semillas de maíz sin extracto de naranja. Se determinaron las siguientes parámetros físicos: Densidad aparente, Densidad real, Textura, Estructura y Color; y químicos: Capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH y materia orgánica. Conforme a los resultados obtenidos se evidencia que el suelo es de reacción neutra, sin problemas por acidez, no es necesaria la aplicación de enmiendas calcáreas. Existe disponibilidad baja de Nitrógeno considerando el porcentaje bajo de materia orgánica, se recomienda la aplicación de Nitrógeno.

Se pudo determinar la densidad de siembra para las parcelas objeto de estudio. Para las parcelas de 1x1 la densidad de siembra será de 29 semillas. se realizó la recolección de cascaras de naranja durante 3 días en los diferentes puestos de naranja de la ciudad. Se logró recolectar 3 kilos de cascaras. La obtención del extracto de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*) se realizó utilizando como solvente de extracción una mezcla de 70% alcohol isopropílico y 30 % agua. El extracto fue colado con papel filtro para obtener solo la parte líquida, para luego preparar la disoluciones al 1, 3 y 5% del mismo en agua destilada de 100ml cada una. En cada parcelamiento se les aplicaron las disoluciones de extracto de cascara de naranja preparadas a una dosis de 150 mL/kg de suelo.

Conforme a los resultados de crecimiento de las parcelas se logra evidenciar que la parcela 1 y 2 presentan los mejores resultados de crecimiento y color; ya que, se alcanzan promedios de 9,66 cm y 10,88cm respectivamente, con verdes vivos a diferencia de las parcelas 3 y 4 que presentan colores opacos y amarillentos. Para el caso del aspecto de las hojas se ha de resaltar que en la parcela control las hojas se mostraron débiles y opacas, en la parcela 3 mostraron buen resultado las primeras

semanas, sin embargo, en las últimas se mostraron corrugadas, lo que podría deberse a la concentración al 5% del extracto de naranja, a diferencia de las parcelas 1 y 2, en las que esta característica no se presentó. Se evidencia que para la caracterización final hubo un aumento significativo en los micronutrientes del suelo comparados con la caracterización inicial, lo anterior puede deberse a las propiedades del extracto de naranja para la biorremediación de suelos, ya que, la naranja tiene bioestimulantes que se basa en el uso de nutrientes con actividad superficial para estimular el crecimiento y desarrollo de organismos capaces de biodegradar compuestos contaminantes del medio ambiente.

Se evidencia que gracias a la aplicación del extracto de naranja en el suelo, se logró una eficiencia de recuperación del 65%. Sin embargo, aun los micronutrientes no alcanzan valores óptimos para establecimiento de cultivos agrícolas de manera adecuada, por lo que se sugiere la aplicación de Nitrógeno. El análisis por diferencia mínima significativa muestra según lo que se observa que el crecimiento promedio en los días de monitoreo para las plantas sembradas en las muestras de suelo remediadas es moderadamente similar desde el punto de vista estadístico durante todo el tiempo de ensayo. El comportamiento gráfico del crecimiento de las plantas de maíz se observa donde se corrobora que hasta el día 20 todas las plantas siguen una tendencia regular y similar, sobre todo en las muestras de suelo remediadas.



## 8. RECOMENDACIONES

Una vez desarrollado el proyecto de investigación, se proponen las siguientes recomendaciones:

Ampliar las investigaciones acerca de la recuperación de suelos por biorremediación con extracto de naranja en suelos degradados por usos intensivos de la agricultura y ganadería, así como suelos mineros y contaminados con petróleo, ya que, en la literatura se reportan eficiencias mayores de recuperación en este tipo de suelos.

Realizar seguimiento y adaptación a las especies sembradas por mínimo 6 meses, de esta manera se asegura que estas se desarrollen completamente, y puedan aportar nutrientes al suelo, así como mejorar las condiciones de afectación que estos presenten.

Se recomienda ampliar los estudios que incluyan las características microbiológicas del suelo, analizando así las interacciones microbianas que allí intervienen dentro del proceso de desarrollo.



## 9. BIBLIOGRAFIA

- Alarcón, A.; Ferrera-Cerrato, R. 2013. Biorremediación de suelos y agua contaminadas con compuestos orgánicos e inorgánicos. Ed. Trillas-Colegio de Posgraduados. México
- Alcaldía de Bosconia (2019). Esquema de ordenamiento territorial, sector rural. Disponible en: <https://www.bosconia.cesar.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/Plan%20de%20Ordenamiento.pdf>
- ASTM D854. (2014). Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer. West Conshohocken, USA. ASTM International.
- ASTM D2196. (2015). Standard Test Methods for Rheological Properties of Non-Newtonian Materials by Rotational Viscometer. West Conshohocken, USA. ASTM International.
- ASTM D2501. (2014). Standard Test Method for Calculation of Viscosity-Gravity Constant (VGC) of Petroleum Oils. West Conshohocken, USA. ASTM International.
- ASTM D4972. (2013). Standard Test Method for pH of Soils. West Conshohocken, USA. ASTM International.
- ASTM D6560. (2012). Standard Test Method for Determination of Asphaltenes (Heptane Insolubles) in Crude Petroleum and Petroleum Products. West Conshohocken, USA. ASTM International.
- Beltrán, J. (2014). Informe de crecimiento y desarrollo (cultivo de maíz) (fisiología vegetal). Recuperado de <http://mcjabe.blogspot.com/>

Betancur Corredor, B. (2013). Biorremediación de suelo contaminado con el pesticida 1, 1, 1-tricloro-2, 2'bis (p-clorofenil) etano (ddt) mediante protocolos de bioestimulación y adición de surfactante (Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia)

Caballero, et. Al. (2022) Efectividad del compost y hongos micorrícicos en la recuperación del suelo. Universidad Popular del cesar.

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y trigo (2023). El maíz. Disponible en: <https://idp.cimmyt.org/el-rastrojo-una-oportunidad-para-recuperar-la-fertilidad-de-los-suelos/>

Consultoría ICESI y Grupo de trabajo y producción sostenible. (2015). *Guía: Evaluación y monitoreo de los suelos*. Obtenido de [https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema\\_Gestion\\_de\\_Calidad/Procesos%20y%20procedimientos%20Vigente/0130\\_Caracterizacion%20y%20Balance%20de%20los%20Recursos%20Naturales%20y%20sus%20Actores%20Sociales%20Relevantes/Guias/GU.0130.09%20Evaluacion%20](https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos%20y%20procedimientos%20Vigente/0130_Caracterizacion%20y%20Balance%20de%20los%20Recursos%20Naturales%20y%20sus%20Actores%20Sociales%20Relevantes/Guias/GU.0130.09%20Evaluacion%20)

Cubillos, J. (2011). Evaluación de la fitorremediación como alternativa de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos (Tesis de maestría, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia).

De la Rosa-Pérez, D. A., Teutli-León, M. M. M. y Ramírez-Islas, M. E. (2007). Electrorremediación de suelos contaminados, una revisión técnica para su aplicación en campo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 23(3), 129-138

Farias Camero, D. M., Ballesteros G., M. I. y Bendeck, M. (1999). Variación de parámetros fisicoquímicos durante un proceso de compostaje. Revista Colombiana de Química, 28(1), 75-86

Hernández, J. 2011. Biorecuperación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos. s. l. Universidad Politécnica de Madrid. 143 pp. Jaurixje, M.; Torres, D.; Mendoza, B.; Henríquez, M.; Contreras, J. 2013. Propiedades físicas y químicas y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, Estado Lara. Bioagro 25(1316-3361): 47-56. Laich, F. 2011. El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. ICIA. 2011: 1-7.

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

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

Villacieros, M. 2005. PCB rhizoremediation by Pseudomonas fluorescens F113 derivatives using a Sinorhizobium meliloti nod system to drive bph gene expression. Appl. Environ. Microbiol. 71: 2687-2694.

Viñas, M. 2005. Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos: caracterización, microbiología, química y ecotoxicológica. Facultad de biología. Universidad de Barcelona.

Zamora, P. (2022). Recuperación Del Suelo Estéril Mediante El Proceso De Biorremediación Por Medio De La Guazuma Ulmifolia (Guácimo) Y La Especie Cardaminopsis Arenosa En El Corregimiento De Guaymaral, Cesar. Universidad Popular del Cesar.

## ANEXOS

### Anexo 1. Caracterización inicial



ISO/IEC 17025:2017  
13-LAB-031

### REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO GESTIÓN DE LA AGENDA CORPORATIVA

LABORATORIO DE QUÍMICA ANALÍTICA (Química de suelos)

#### 1. Información del cliente

**NOMBRE Y APELLIDO:** MICHELL VASQUEZ  
**CÉDULA O NIT:** 1192778382  
**DIRECCIÓN:** DG 19#20-71  
**DEPARTAMENTO:** CESAR  
**MUNICIPIO:** BOSCONIA  
**TEL, FIDO/CEL:** 3015273718 / 3015273718  
**TIPO DE ANALISIS:** FERTILIDAD COMPLETO

NÚMERO BOLSA	CÓDIGO DE LABORATORIO
<b>53708</b>	<b>LQAS24-001005</b>

#### 2. Información de la muestra suministrada por el cliente

**IDENTIFICACIÓN:** 53708 **ALTURA:** 200M.S.N.M  
**MATRIZ:** SUELOS **PROFUNDIDAD :** 15 A 20 CM  
**VEREDA:** BOCA DE TIGRE **TIPO DE RIEGO:** NO INDICA  
**FINCA:** CANAÁN **TOPOGRAFIA:** PLANO  
**PRODUCTOR:** MICHELL VASQUEZ **DRENAJE:** REGULAR DRENAJE  
**CULTIVO(S):** MAÍZ VARIEDAD CON 0 DÍA(S) DE EDAD Y VARIEDAD CON 0 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 (Acidez activa/pH en suelos GA-R-46, versión 06, 2021-10-25.), fósforo disponible Bray II (Fósforo disponible en suelos GA-R-48, versión 07, 2021-10-25.), conductividad eléctrica en suelos (NTC 5596:2008 Método B.), cationes intercambiables en suelo calcio, magnesio, potasio y sodio disponibles (Bases Intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.), micronutrientes en suelo por Olsen modificado Hierro, Manganeso, Cobre y Zinc (NTC 5528:2007 Método D.), determinación de Carbono Orgánico en suelo (Determinación de Carbono orgánico en suelo GA-R-119 versión 4, 2021-10-25.).

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 2023-11-22

Yeni Rodriguez Giraldo (E6968)

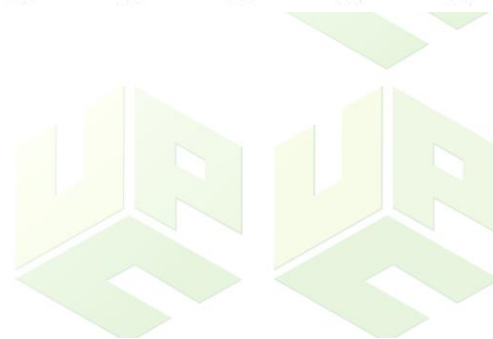
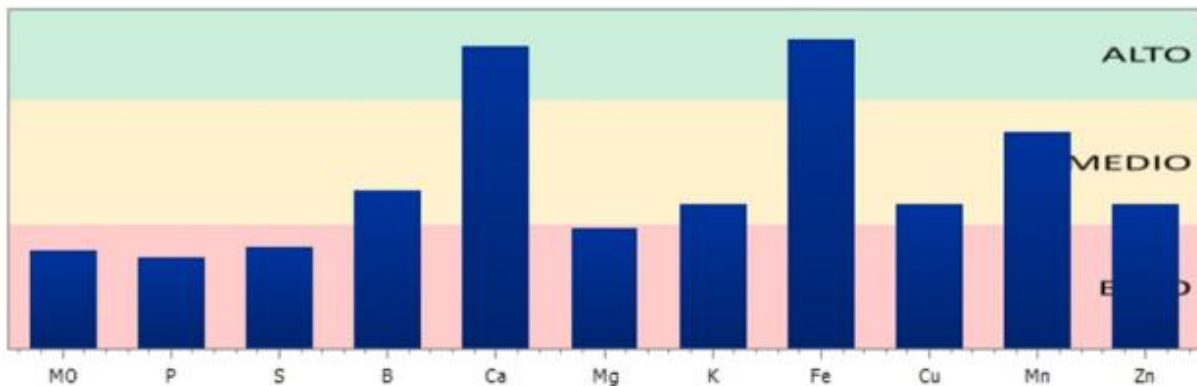
Coordinador técnico del laboratorio de Química Analítica

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	METODO	VALOR	INTERPRETACION*
pH (1:2.5)	Unidades de pH	Acidez activa/pH en suelos GA-R-46, versión 06, 2021-10-25.	6.71	Casi neutro o neutro
Conductividad eléctrica (CE) (1:5)	dSm	NTC 5596:2008 Método B.	0.15	No salino
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkley & Black	1.34	Bajo
Carbono Orgánico (CO)	g/100g	Determinación de Carbono orgánico en suelo GA-R-119 versión 4, 2021-10-25.	0.78	
Fósforo (P) Disponible (Bray II)	mg/kg	Fósforo disponible en suelos GA-R-48, versión 07, 2021-10-25.	6.38	Bajo
Azufre (S) disponible	mg/kg	Fósforo monobásico de calcio	3.48	Bajo
Capacidad Interc. Cationico Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo	4.17	Bajas
Boro (B) Disponible	mg/kg	Fósforo monobásico de calcio	0.11	Bajo
Acidez (Al+H)	cmol(+)/kg	KCl	ND	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	3.01	Medio
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	0.92	Bajo
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	0.10	Bajo

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, NIT: 800194600-3  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN TIBAITATÁ  
DIRECCIÓN: KILÓMETRO 14 vía Mosquera – Bogotá, Mosquera, Cundinamarca, Colombia.  
TELÉFONOS: 4227300 EXTENSION: 1369

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION*
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	0.14	Normal
Hierro (Fe) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007 Método D.	26.94	Medio
Cobre (Cu) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007 Método D.	<1.00	Bajo
Manganeso (Mn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007 Método D.	3.78	Bajo
Zinc (Zn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007 Método D.	<1.00	Bajo
Saturación de Calcio	%	Cálculo	72	Alto
Saturación de Magnesio	%	Cálculo	22	Medio
Saturación de Potasio	%	Cálculo	2	Medio
Saturación de Sodio	%	Cálculo	3	Normal
Saturación de Aluminio	%	Cálculo	0	Normal

**GRAFICA DE INTERPRETACION DE RESULTADOS**



## Anexo 2. Caracterización final



ISO/IEC 17025:2017  
13-LAB-031

### REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO GESTIÓN DE LA AGENDA CORPORATIVA

LABORATORIO DE QUIMICA ANALITICA (Química de suelos)

#### 1. Información del cliente

**NOMBRE Y APELLIDO:** MICHELL VASQUEZ  
**CÉDULA O NIT:** 1192778382  
**DIRECCIÓN:** DG 19#20-71  
**DEPARTAMENTO:** CESAR  
**MUNICIPIO:** BOSCONIA  
**TEL, FIJO/CEL:** 3015273718 / 3015273718  
**TIPO DE ANALISIS:** FERTILIDAD COMPLETO

NÚMERO BOLSA	CÓDIGO DE LABORATORIO
<b>53708</b>	<b>LQAS24-001005</b>

#### 2. Información de la muestra suministrada por el cliente

**IDENTIFICACIÓN:** 53708 **ALTURA:** 200M.S.N.M  
**MATRIZ:** SUELOS **PROFUNDIDAD :** 15 A 20 CM  
**VEREDA:** BOCA DE TIGRE **TIPO DE RIEGO** NO INDICA  
**FINCA:** CANAAN **TOPOGRAFIA:** PLANO  
**PRODUCTOR:** MICHELL VASQUEZ **DRENAJE:** REGULAR DRENAJE  
**CULTIVO(S):** MAÍZ VARIEDAD CON 0 DÍA(S) DE EDAD Y VARIEDAD CON 0 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 (Acidez activa/pH en suelos GA-R-46, versión 06, 2021-10-25.), fósforo disponible Bray II (Fósforo disponible en suelos GA-R-48, versión 07, 2021-10-25.), conductividad eléctrica en suelos (NTC 5596:2008 Método B.), cationes cambiabiles en suelo calcio, magnesio, potasio y sodio disponibles (Bases intercambiabiles en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.), micronutrientes en suelo por Olsen modificado Hierro, Manganeso, Cobre y Zinc (NTC 5526:2007 Método D.), determinación de Carbono Orgánico en suelo (Determinación de Carbono orgánico en suelo GA-R-119 versión 4, 2021-10-25.).

**FECHA DE RECEPCIÓN** 2024-02-01

Yeni Rodríguez Giraldo (E6968)

Coordinador técnico del laboratorio de Química Analítica

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION*
pH (1:2.5)	Unidades de pH	Acidez activa/pH en suelos GA-R-46, versión 06, 2021-10-25.	6,7	Casi neutro o neutro
Conductividad eléctrica (CE) (1.5)	dS/m	NTC 5596:2008 Método B.	0,53	No salino
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkley & Black	3,2	Medio
Carbono Orgánico (CO)	g/100g	Determinación de Carbono orgánico en suelo GA-R-119 versión 4, 2021-10-25.	1,2	
Fosforo (P) Disponible (Bray II)	mg/kg	Fósforo disponible en suelos GA-R-48, versión 07, 2021-10-25.	8,9	Medio
Azufre (S) disponible	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	4,2	Bajo
Capacidad Interc. Cationico Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo	4,7	Medio
Boro (B) Disponible	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	0,2	Bajo
Acidez (Al+H)	cmol(+)/kg	KCl	ND	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiabiles en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	4,2	Medio
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiabiles en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	1,3	Bajo
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiabiles en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	0,72	Bajo

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, NIT: 800194600-3  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN TIBAITATA  
DIRECCIÓN: KILÓMETRO 14 vía Mosquera – Bogotá, Mosquera, Cundinamarca, Colombia.  
TELÉFONOS: 4227300 EXTENSION: 1369  
suelos@agrosavia.co