



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**

**ESTUDIO DE DIFERENTES CEPAS DE RHIZOBIUM COMO ENMIENDA  
BIOLOGICA EN SUELOS DEGRADADOS UTILIZANDO COMO INDICADOR EL  
TOMATE (LYCOPERSICUM ESCULENTUM) EN EL CORREGIMIENTO DE  
VALENCIA DE JESÚS-CESAR**



**AUTORES:**

**LORAINÉ FAJARDO VARGAS**

**DIANA ESCOBAR PAVAJEAU**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR – CESAR**

**2021**



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**

**ESTUDIO DE DIFERENTES CEPAS DE RHIZOBIUM COMO ENMIENDA  
BIOLOGICA EN SUELOS DEGRADADOS UTILIZANDO COMO INDICADOR EL  
TOMATE (LYCOPERSICUM ESCULENTUM) EN EL CORREGIMIENTO DE  
VALENCIA DE JESÚS-CESAR**

**PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**

**LORAINÉ FAJARDO VARGAS**

**DIANA ESCOBAR PAVAJEAU**

**DIRECTOR:  
SAÚL RESTREPO**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR – CESAR**

**2021**



### **Tabla de contenido**

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                                                             | 8  |
| 1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....                                                             | 9  |
| 1.2. SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA .....                                                         | 9  |
| 2. JUSTIFICACIÓN .....                                                                          | 10 |
| 3. OBJETIVOS .....                                                                              | 11 |
| 3.1. OBJETIVO GENERAL: .....                                                                    | 11 |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....                                                               | 11 |
| 4. MARCO REFERENCIAL .....                                                                      | 12 |
| 4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION .....                                                     | 12 |
| 4.2. MARCO TEÓRICO .....                                                                        | 15 |
| 4.3. MARCO CONCEPTUAL .....                                                                     | 24 |
| 4.4. MARCO CONTEXTUAL .....                                                                     | 26 |
| 4.5. MARCO LEGAL .....                                                                          | 28 |
| 5. MARCO METODOLÓGICO .....                                                                     | 33 |
| 5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....                                                                | 33 |
| 5.2. POBLACIÓN .....                                                                            | 33 |
| 5.3. MUESTRA .....                                                                              | 33 |
| 5.4. DESARROLLO METODOLÓGICO .....                                                              | 34 |
| 5.4.1. Etapa 1: Identificar los parámetros físicos-químicos del suelo en estudio.<br>.....      | 34 |
| 5.4.2. Etapa 2: Aislar las diferentes cepas de <i>Rhizobium</i> para su<br>implementación ..... | 36 |



|                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.4.3. Etapa 3: Evaluar la eficiencia de las diferentes cepas de Rhizobium como enmienda biológica en el suelo degradado. ....        | 39 |
| 6. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION.....                                                                                    | 41 |
| 6.1. Etapa 1: Identificar los parámetros físicos-químicos del suelo en estudio. ....                                                  | 41 |
| 6.1.1. Toma de muestras .....                                                                                                         | 41 |
| 6.2. Etapa 2: Aislar las diferentes cepas de Rhizobium para su implementación .....                                                   | 56 |
| 6.2.1. Identificación y aplicación de la cepa de Rhizobium .....                                                                      | 56 |
| 6.3. Etapa 3: Evaluar la eficiencia de las diferentes cepas de Rhizobium como enmienda biológica en el suelo agrícola degradado ..... | 68 |
| 6. CRONOGRAMA.....                                                                                                                    | 82 |
| 7. PRESUPUESTO DEL PROYECTO. ....                                                                                                     | 84 |
| 8. CONCLUSIONES .....                                                                                                                 | 86 |
| 9. RECOMENDACIONES .....                                                                                                              | 88 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                                                                                                                    | 89 |
| ANEXO 1. Análisis fisicoquímico inicial .....                                                                                         | 91 |
| ANEXO 2. Análisis fisicoquímico final.....                                                                                            | 93 |



### **Lista de Tablas**

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 2 Resultados parámetros fisicoquímicos Iniciales .....                     | 45 |
| Tabla 3 Cantidades de Limo, Arcilla y Arena.....                                 | 46 |
| Tabla 4 Resultados obtenidos parámetro Humedad .....                             | 47 |
| Tabla 5 Valores de los parámetros de pH .....                                    | 48 |
| Tabla 6 Resultados obtenidos parámetro pH .....                                  | 48 |
| Tabla 7 Resultados obtenidos parámetro Materia Orgánica .....                    | 50 |
| Tabla 8 Resultados obtenidos parámetro Calcio y Magnesio .....                   | 52 |
| Tabla 9 Resultados obtenidos parámetro Potasio.....                              | 53 |
| Tabla 10 Resultados obtenidos parámetro Fósforo.....                             | 54 |
| Tabla 11 Crecimiento vegetativo (cm) por cepas .....                             | 59 |
| Tabla 12 Registro fotográfico del Crecimiento vegetativo de la cepa vs Tiempo .. | 61 |
| Tabla 13 Resultado parámetros fisicoquímicos iniciales y finales del suelo.....  | 68 |
| Tabla 14 Características de los suelos arcillosos, francos y arenosos.....       | 69 |
| Tabla 15 Cronograma de actividades.....                                          | 82 |
| Tabla 16 Costos directos e indirectos del proyecto .....                         | 84 |

### **Lista de Ilustraciones**

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1 Corregimiento Valencia de Jesús- Cesar .....    | 27 |
| Ilustración 2 Proceso de toma de muestras .....               | 35 |
| Ilustración 3 Croquis del diseño .....                        | 38 |
| Ilustración 4 Muestra inicial del suelo.....                  | 41 |
| Ilustración 5 Procedimiento de cuarteo No 1.....              | 42 |
| Ilustración 6 Muestra No 2.....                               | 42 |
| Ilustración 7 Procedimiento de Cuarteo No 2.....              | 43 |
| Ilustración 8 Coordenadas geográficas la Vereda el cielo..... | 44 |
| Ilustración 9 Coordenadas UTM.....                            | 44 |



|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Ilustración 10 Semillas de tomate (variedad Rio Grande)</i> ..... | 56 |
| Ilustración 11 Manejo del inoculo y de la semilla.....               | 57 |
| Ilustración 12 Cepa No 1 .....                                       | 57 |
| Ilustración 13 Cepa No 2 .....                                       | 58 |
| Ilustración 14 Cepa No 3 .....                                       | 58 |
| Ilustración 15 Cepa No 4 .....                                       | 59 |

### **Lista de Gráficos**

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1 Representación gráfica de la cantidad de Limo, Arcilla y Arena .....            | 46 |
| Gráfico 2 Resultados obtenidos parámetro Humedad.....                                     | 47 |
| Gráfico 3 Resultados obtenidos parámetro pH.....                                          | 49 |
| Gráfico 4 Resultados obtenidos Carbono orgánico .....                                     | 49 |
| Gráfico 5 Resultados obtenidos parámetro Materia Orgánica.....                            | 51 |
| Gráfico 6 Resultados obtenidos parámetro Calcio y Magnesio .....                          | 53 |
| Gráfico 7 Resultados obtenidos parámetro Potasio .....                                    | 54 |
| Gráfico 8 Resultados obtenidos parámetro Fósforo .....                                    | 55 |
| <i>Gráfico 9 Representación Gráfica del crecimiento del tallo vs tiempo</i> .....         | 65 |
| Gráfico 10 Representación Gráfica del crecimiento del largo de la hoja vs tiempo          | 66 |
| Gráfico 11 Representación Gráfica del crecimiento del ancho de la hoja vs tiempo<br>..... | 67 |
| Gráfico 12 Textura Inicial vs Final .....                                                 | 69 |
| Gráfico 13 Calcio y Magnesio Inicial vs Final .....                                       | 70 |
| Gráfico 14 Potasio y Fosforo Inicial vs Final.....                                        | 71 |
| Gráfico 15 Materia Orgánica Inicial vs final .....                                        | 71 |
| Gráfico 16 Carbono Orgánico Inicial vs final .....                                        | 73 |
| Gráfico 17 Peso seco por Cepa .....                                                       | 78 |
| Grafico 18 Comparación Efectividad de la inoculación.....                                 | 79 |



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**

## **INTRODUCCION**

Colombia es conocida por su gran biodiversidad a nivel mundial y a pesar de que tenemos grandes riquezas naturales, se afronta día a día, a diferentes problemáticas ambientales que aquejan y causan un detrimento de los recursos naturales, un claro ejemplo es la perdida de fertilidad de los suelos, donde grandes extensiones que eran cultivables en diferentes zonas del país, en la actualidad son áridas y no existe evidencias de lo que alguna vez fueron.

El departamento del Cesar se caracteriza por tener como principal actividad económica, la agricultura y la ganadería, que, en muchos casos a ser altamente intensiva, ha traído como consecuencia la erosión de los suelos, que se traduce en una afectación importante en la calidad de vida, de las comunidades que su fuente de recursos se deriva de este recurso.

Teniendo en cuenta lo anterior nace esta investigación en busca de frenar este detrimento del suelo, en una zona del Cesar- Corregimiento de Valencia de Jesús, ubicado al noroccidente del país, con una gran influencia de la Sierra Nevada de San Marta, en la Vereda El Cielo, punto específico de la investigación, se ha evidenciado en los últimos años la pérdida de productividad de los suelos, frente a esto se presentó la estrategia del uso de la cepa de Rhizobium como enmienda biológica y usando el tomate como bioindicador para mejorar las condiciones del suelo.

Esta investigación es la opción de grado para obtener el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario en la Universidad Popular del Cesar-Sede Valledupar.



## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La vereda el Cielo, perteneciente al corregimiento de Valencia de Jesús municipio de Valledupar-Cesar; es una zona donde la actividad principal de su población es la minería para adobe. Estas tierras presentan suelos con textura arcillosa, pocas precipitaciones, con largos periodos de sequias, donde las areas cultivadas son regadas por gravedad, causando una degradación de los suelos y de igual manera se presentan inundaciones en epocas de lluvias dificultando las actividades llevadas a cabo por el campesinado. (POT-VALL COMPONENTE RURAL).

Según el POT, en esta zona se registra una superficie total de 9,84% areas improductivas debido a la perdida de las condiciones físicas del suelo como la continua disminución de la materia orgánica. Conllevando a la existencia de suelos compactados e impermeables, las razones de este deterioro son variadas, como las prácticas agrícolas convencionales que están relacionadas con la perdida de estructura del suelo por falta de actividad biológica, la erosión hídrica, excesiva labranza y sobre todo en aquellas epocas donde afloró permanentemente el cultivo del algodón. Por lo tanto la agricultura del futuro exige eliminar gradualmente el uso de fertilizantes químicos por la contaminación ambiental que ocasionan y porque consumen muchos recursos para su fabricación. De hecho, la normativa apuesta por una agricultura sostenible que sólo puede desarrollarse a través de la biotecnología. ((SINC), 2012)

Igualmente, algunos pequeños y medianos agricultores para mejorar las condiciones del suelo aplican urea al 46%, importando desde otros sitios de la región pollinaza, desechos de mercado y otros residuos organicos a un alto costo, que en algunos casos pueden causar contaminación al suelo y al aire por el desprendimiento de lixiviados y gases contaminantes.



Lo mas importante de esta linea de investigación es que propone la búsqueda de alternativas agroecológicas mediante la Rizobiología aplicada que conlleven al mejoramiento y mantenimiento de la productividad del suelo en esta región del cesar, mediante actividades encaminadas al manejo sostenible del suelo y que le permitan al pequeño y mediano productor minimizar costos de producción y cuidado al medio ambiente.

### **1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

- ¿Cuál es el efecto de la simbiosis del tomate-cepa de Rhizobium en la fijación biológica del nitrógeno en suelos degradados?

### **1.2. SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA**

- ¿Qué factores pueden afectar la aparición de nódulos en la simbiosis del tomate-cepa de Rhizobium en la fijación biológica del nitrógeno?
- ¿Cómo contribuiría la simbiosis del tomate-cepa de Rhizobium en la fertilidad de los suelos degradados y al mantenimiento del medio ambiente a través de la puesta en marcha del proyecto sobre inoculación?
- ¿Qué beneficios económicos y ambientales traería la Rizobiología aplicada en suelos degradados, destinados por pequeños y medianos productores en la región del César?



## **2. JUSTIFICACIÓN**

El rendimiento de los cultivos agrícolas está estrechamente relacionado con la disponibilidad del nitrógeno durante su ciclo de crecimiento y desarrollo, por lo tanto la aplicación de fertilizantes nitrogenados a los cultivos en la actualidad resulta una práctica costosa, debido a los altos precios alcanzados por el petróleo y el gas natural que son las fuentes energéticas que se utilizan para su elaboración, además de esto los fertilizantes nitrogenados contaminan el medio ambiente mediante la salinización de los suelos. Lo que está influyendo notoriamente en los bajos rendimientos obtenidos kg/Ha; si se tiene en cuenta que el departamento del Cesar en la producción de muchos cultivos en especial el tomate y las leguminosas están principalmente en manos de agricultores de escasos recursos.

En nuestro medio estos factores han influido para encontrar nuevas formas de sustituir y minimizar el uso de productos químicos nitrogenados por otros que contengan nitrógeno a más bajo costo, mediante la capacidad asociativa que tiene muchas plantas con las bacterias del género *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* para fijar el nitrógeno atmosférico mediante sus nódulos.

Por tanto, el desarrollo de tecnologías limpias, mediante el uso y estudio del comportamiento biológico de diferentes cepas de *Rhizobium*; minimizan los costos de producción en muchos cultivos de pan coger y evitan la degradación del suelo haciéndolo más aprovechable por las plantas y cultivos subsiguientes.



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL:**

Evaluar el comportamiento de las diferentes cepas de Rhizobium como enmienda biológica en suelos degradados utilizando como indicador el tomate (*Lycopersicum Esculentum*) en el corregimiento de Valencia de Jesús-Cesar.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- ✓ Identificar los parámetros físicos-químicos del suelo en estudio.
- ✓ Aislar las diferentes cepas de Rhizobium para su implementación.
- ✓ Evaluar la eficiencia de las diferentes cepas de Rhizobium como enmienda biológica en el suelo degradado.



## **4. MARCO REFERENCIAL**

### **4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION**

*Ruiz Alba Susan Raquel, 2014- Efecto De La Coinoculación De Rhizobium Etli Y Azotobacter Chroococcum Sobre El Crecimiento De Lycopersicum Esculentum “Tomate” En Condiciones De Laboratorio En Perú.* Se determinó el efecto de la coinoculación de Rhizobium etli y Azotobacter chroococcum sobre el crecimiento de esculentum “tomate” que tiene un excelente potencial sobre las plántulas para que sean utilizados como promotores de crecimiento de plantas no leguminosas, evaluando las cinco variables agronómicas: longitud de tallo y raíz, peso seco de la parte aérea y radicular, y peso seco total de la planta, demostrándose una diferencia significativa en la evaluación de las variables agronómicas con respecto a los tratamientos debido a que estos microorganismos son beneficios para las plantas, ya que en mediano o largo plazo pueden reemplazar a los fertilizantes químicos que tanto daño le hacen a nuestro ecosistema, constituyendo una alternativa para reducir su uso.

*Shirley Tatiana Jara Carreño, 2015 - Caracterización E Identificación De Cepas Nativas Del Género Azotobacter Y Su Efecto En Co-Inoculación Con Rhizobium En Tomate De Mesa. Ecuador.* El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo caracterizar e identificar cepas nativas del género Azotobacter y su efecto en co-inoculación con Rhizobium en tomate de mesa bajo invernadero. Para el efecto se muestrearon localidades de los cantones de Sotoranga y Cariamanga. La determinación de los aislados bacterianos se realizó mediante la caracterización morfológica de las colonias aisladas, donde se evaluó la tinción al Gram, crecimiento, color, producción de mucus, bordes y elevación. La caracterización fisiológica consistió en la cuantificación de cada aislado en la producción de ácido



indól acético (AIA) y solubilización de P. La identificación genética de los aislados resultantes de la caracterización morfológica y fisiológica se realizó mediante la secuenciación parcial de los genes de la subregión 16S ARNr. De un total de 14 aislados iniciales se identificaron 6 géneros bacterianos, entre ellos *Azotobacter* y *Rhizobium*. Todos los aislados fueron capaces de producir AIA y no así solubilizar fósforo. Los mejores resultados para los parámetros morfológicos en cuanto a la altura y número de hojas se obtuvieron con la inoculación del T3 (*Rhizobium* sp.), para la variable número de flores a los 60 días fue T1 (*Azotobacter vinelandii* + *Rhizobium* sp.) y para la variable número de frutos a los 60 y 75 días se vio incrementado con la inoculación de T2 (*Azotobacter vinelandii*). Con respecto a los parámetros de biomasa, a los 75 DDS, tanto para el peso fresco de raíz (PFR) con 19.75 g y el peso fresco del follaje (PFF), con 113.14 g fueron influenciados positivamente con el T3 (*Rhizobium* sp.), para el peso fresco del fruto (PFFr) el mejor tratamiento correspondió a T2 (*Azotobacter vinelandii*) con 39.95 g. Y con respecto al peso seco de raíz (PSR) con 1.46 g y peso seco del follaje (PSF) con 14.70 g el tratamiento T3 (*Rhizobium* sp.), presentó los mejores resultados.

*La Universidad de Salamanca (2012) presenta la investigación denominada, Dos cepas de bacterias aumentan la producción y la calidad de tomates y pimientos, El grupo de la investigación (GIR) 'Interacciones Microorganismo Planta' ha aislado dos cepas de bacterias del género *Rhizobium*, y se ha comprobado su eficiencia en el crecimiento y la producción del tomate y del pimiento, este grupo investigativo, ha enfocado sus investigaciones hacia el comportamiento de los microorganismo del género *Rhizobium* con leguminosas; sin embargo, "el papel que puede tener este género de microorganismos en asociación con plantas no leguminosas, como es el caso del tomate y del pimiento, está menos estudiado", según explican los investigadores.*



El resultado es que la inoculación de estas cepas consigue un incremento en el desarrollo y en la producción de las dos plantas. "En el caso del pimiento se trata de un aumento muy significativo en cantidad, mientras que en el caso del tomate se incrementa sobre todo la calidad".

*Bernarda Cuadrado, Guillermo Rubio, Winston Santos, 2009 -Caracterización De Cepas De Rhizobium Y Bradyrhizobium (Con Habilidad De Nodulación) Seleccionados De Los Cultivos De Fríjol Caupí (Vigna Unguiculata) dpto. Bolívar.* Como Potenciales Bioinóculos. Los suelos de Latinoamérica son ácidos y deficientes en nitrógeno; por esta razón es necesario explorar nuevas alternativas con el fin de modular el desarrollo de las plantas, especialmente las leguminosas. El uso del potencial de las bacterias para inducir nodulación y fijar el nitrógeno en las plantas leguminosas se ha estudiado como una opción con potencial impacto. En este estudio se analizó la diversidad de cepas de rhizobios aislados del frijol *vigna unguiculata* (fríjol caupí) cultivado en el norte del departamento de bolívar (Colombia). Se identificaron aislados capaces de crecer mejor en ambientes hostiles (los cuales tienen un uso potencial como bioinoculantes). Se describe además un acercamiento a la taxonomía de estas bioespecies.

*Dolly Melisa Obando Castellano, 2012- Respuesta Fisiológica Del Fríjol Caupí (Vigna Unguiculata) A La Inoculación De Bacterias Diazotróficas De Los Géneros Azobatobacter Y Rhizobium En Suelos Del Dpto Del Cesar.* La evaluación de las coinoculaciones con bacterias nativas de naturaleza simbiótica y asimbiótica a partir de leguminosas forrajeras permitirá determinar su potencial de promoción ante el efecto de la marcada estacionalidad en las precipitaciones de la zona; permitiendo de esta forma la utilización de recursos biológicos poco explorados y contribuyendo con tecnologías limpias que favorezcan y mejoren las condiciones de especies forrajeras de interés en sistemas ganaderos de la región. El objetivo de la presente



investigación fue contribuir con el mejoramiento de la calidad del fríjol Caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) mediante la coinoculación de bacterias diazotróficas nativas de los géneros *Rhizobium* y *Azotobacter* en el departamento del Cesar.

#### **4.2. MARCO TEÓRICO**

A pesar de que el nitrógeno molecular ( $N_2$ ) se encuentra en la atmósfera en una concentración de casi el 80%, ni plantas ni animales tienen una forma fácil para obtener el nitrógeno suficiente para su crecimiento. Esta situación se hace aún más crítica ya que el  $N_2$  es una molécula muy estable químicamente y de esta forma no está disponible para la mayoría de los organismos vivos. Este debe ser fijado antes que pueda ser asimilado. Las formas más comunes de encontrar el nitrógeno fijado son en forma de iones amonio y nitrato. La fijación de nitrógeno es el proceso mediante el cual se lleva a cabo la reducción de nitrógeno molecular a amonio (Newton y Fisher, 2002).

En la naturaleza existen dos formas de fijar nitrógeno. Un mecanismo es mediante energía lumínica en la cual la enorme cantidad de luz ioniza las moléculas en la atmósfera y las hace aptas para combinarse y formar óxidos de nitrógeno. Estos óxidos de nitrógeno se disuelven en la lluvia y forman nitritos y nitratos.

Los cuales son llevados a la tierra. Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de energía lumínica alrededor del mundo, esta no es una forma efectiva de producir compuestos nitrogenados que puedan ser utilizados por plantas y animales. Esta forma de fijación de nitrógeno atmosférico probablemente contribuye con el 10% del total anual fijado. La fuente más importante de nitrógeno fijado deriva de la actividad de ciertas bacterias del suelo que absorben el nitrógeno atmosférico y lo convierten en amonio. Algunas de estas bacterias son libres en suelo y se alimentan de materia orgánica muerta. Otras bacterias fijadoras de nitrógeno son encontradas creciendo



en asociación con las raíces de plantas mayores. Las plantas suplen a la bacteria con la energía para crecer, mientras que la bacteria suple a la planta con nitrógeno fijado. Debido a que tanto la planta como la bacteria, se benefician a partir de esta relación, esta interacción se denomina simbiosis. Los procesos biológicos contribuyen con alrededor del 65% de la producción total anual de nitrógeno fijado. *(Newton y Fisher, 2002).*

La síntesis comercial de amonio es otra forma diferente de fijar nitrógeno y contribuye aproximadamente con el 25% del total de nitrógeno fijado anualmente. Aquí el  $N_2$  y el hidrógeno ( $H_2$ ) son combinados a alta presión y temperatura para formar amonio, el método se denomina Haber-Bosch en honor a sus creadores, sin embargo, este es un proceso ambiental y energéticamente costoso *(Newton y Fisher, 2002).*

Sólo los procariotas pueden llevar a cabo la fijación biológica de nitrógeno – FBN. La habilidad para fijar  $N_2$  es ampliamente usada entre varios géneros de bacteria, luego existe una altísima variedad metabólica entre los microorganismos que tienen esta capacidad. Se distinguen tres formas mediante las cuales los microorganismos pueden llevar a cabo la FBN: por medio de asociaciones simbióticas, simbiosis asociativas, y bacterias de vida libre *(Newton y Fisher, 2002).*

Para la agricultura, la relación simbiótica más importante envuelve a las bacterias denominadas rizobios con plantas leguminosas. Esta asociación, maximiza la transferencia de nitrógeno fijado a la planta a partir de los rizobios residentes en su interior, los cuales están presentes en una estructura denominada “nódulo”, en las raíces de la planta. La planta de forma recíproca provee protección y suple de compuestos ricos energéticamente a la bacteria. Los nódulos también proveen un ambiente con bajo contenido de oxígeno, lo cual es vital ya que la nitrogenasa,



enzima que cataliza la FBN, es denaturada por el oxígeno (O<sub>2</sub>). Sin embargo, algunas cantidades de oxígeno deben ser provistas a la bacteria para que esta pueda respirar y producir la energía requerida tanto para su supervivencia como para conducir la FBN. Una proteína especial transportadora de oxígeno denominada leghemoglobina, regula la cantidad de oxígeno que llega a la bacteria. Esta proteína es de altísima afinidad, puesto que por cada 10000 leghemoglobinas ligadas a oxígeno sólo se encuentra una molécula de oxígeno libre (*Madigan et al., 2002; Newton y Fisher, 2002*).

Otras relaciones simbióticas fijadoras de nitrógeno incluyen a los líquenes, briofitas, pteridofitas, cicadinas, y otras angiospermas no leguminosas. Los nódulos en raíces de plantas no leguminosas (llamados actinoriza) están presentes en cuantos de especies de pequeñas, maderados, árboles dicotiledóneos y arbustos, como *Myrica* sp. y alisos, y también en árboles de gran tamaño tales como *Casuarina* sp., distribuidos tanto en clima tropical como en clima templado. Las bacterias encontradas en estos nódulos son miembros de la familia bacteriana *Streptomyces*, y son clasificados bajo el nombre genérico *Frankia*. Estas asociaciones entre no leguminosas y *Frankia* son llamadas asociaciones actinorrizicas (*Newton y Fisher, 2002*).

La mayoría de las bacterias que fijan nitrógeno no están asociadas con plantas o animales. Ellas viven libres en el suelo y fijan nitrógeno para su propio beneficio y en el momento de su muerte este nitrógeno es aprovechado por las plantas. De estas bacterias de vida libre, las cianobacterias son las más importantes agrícolamente hablando. Las bacterias más ampliamente estudiadas de vida libre son *Azotobacter vinelandii* (aerobio obligado), *Klebsiella pneumoniae* (anaerobio facultativo), *Clostridium pasteurianus* (anaerobio obligado), *Rhodobacter capsulatus* (bacterias fotosintéticas) y varias especies de *Anabaena* y *Nostoc* (cianobacterias



formadoras de heteroquistes). La FBN que hacen estos organismos llega a ser generalmente disponible para el ecosistema circundante cuando la bacteria muere (*Newton y Fisher, 2002*).

La actividad de la nitrogenasa es central para el mantenimiento del ciclo del nitrógeno en la tierra. En un planeta embebido con  $N_2$ , el nitrógeno fijado frecuentemente es el elemento limitante para el crecimiento de los microorganismos, plantas y animales. Un número limitado de procariotas han sido descritos por su habilidad para fijar nitrógeno y las otras criaturas de la tierra explotan la habilidad de estos microorganismos. Los fijadores de nitrógeno están en dependencia de su fotosíntesis o de la fotosíntesis de las plantas verdes para obtener la gran cantidad de energía que es requerida para reducir el nitrógeno molecular.

La habilidad para establecer una simbiosis fijadora de nitrógeno con rizobios es estricta de las leguminosas, con una excepción, el género *Parasponia* de *Ulmaceae*. La familia *Leguminosae* comprende tres subfamilias *Caesalpinioideae*, *Mimosoideae*, y *Papilionoideae*, cada una de las cuales contiene géneros aptos para formar nódulos en las raíces. En estas tres subfamilias, el porcentaje de especies noduladas son diferentes. Hay unos pocos géneros no nodulantes en las subfamilias avanzadas *Papilionoideae* y *Mimosoideae*, pero la subfamilia menos especializada *Caesalpinioideae* incluye muchos géneros no nodulantes. *Caesalpinioideae* es la subfamilia más primitiva de los *Fabales*, se asume que la simbiosis fue desarrollada en un estado relativamente tardío durante la evolución de las leguminosas. Esta noción está soportada por el hecho que varias especies de *Parasponia* de la familia *Ulmaceae* forman nódulos que fijan nitrógeno como las leguminosas. Dado que los miembros de *Ulmaceae* no están más estrechamente relacionados con los miembros de la familia *Leguminosae* que con casi cualquier otra familia de las



dicotiledóneas, un sentido filogenético no real puede ser hecho de este fenómeno. Las plantas leguminosas son muy diversas en morfología, hábitat y ecología, yendo de anuales árticas a árboles tropicales. Debido al gran número de leguminosas que son noduladas por rizobios, la simbiosis con rizobios no es aparentemente una adaptación a un nicho ecológico especializado, sino que depende de alguna peculiaridad genética de las leguminosas, una que es tan compleja que raramente ha envuelto a cualquier otra planta del reino (*Cook et al., 2005*).

Los inoculantes rizobianos son formulaciones comerciales que contienen rizobios, para ser aplicados a la semilla o al suelo durante la plantación. Está estimado que aproximadamente 2.000 toneladas de inoculantes son producidas anualmente en el mundo, una cantidad suficiente para inocular 20 millones de hectáreas de leguminosas. La gran mayoría, casi el 50%, son producidos en los Estados Unidos de América. Los inoculantes son usualmente comercializados en presentación sólida, en polvo como turba o en formas granuladas, o como inoculantes líquidos, en formulaciones de caldo. Las formulaciones alternas tales como productos concentrados basados en aceites, cultivos liofilizados o células de rizobios atrapados en perlas han sido investigadas. Los métodos de inoculación dependen del tipo de inoculante, los polvos y los líquidos son generalmente aplicados sobre las semillas, mientras que los inoculantes granulares son aplicados directamente al suelo (*Rebah et al., 2007*).

Los inoculantes sólidos son preparados por la adición del medio de cultivo previa multiplicación de los microorganismos, así conteniendo una gran población de rizobios, a un soporte en polvo seguido por un periodo de maduración para asegurar la multiplicación o adaptación de las células. De este modo, la producción de una gran cantidad de rizobios en un medio líquido constituye el primer paso en la producción de inoculantes en polvo para leguminosas. La economía de este proceso



está gobernada por el costo y la disponibilidad de una fuente de carbono apropiada. El medio estándar que incluye manitol como fuente carbono y extracto de levadura como fuente de nitrógeno, factores de crecimiento y sales minerales, ha sido empleado para la producción a escala de laboratorio, pero este uso es limitado a escala industrial debido a su alto costo debido a que es un medio de cultivo en el que se emplean reactivos químicos de tipo analítico. Entre los soportes que pueden sostener altos niveles de rizobios, la turba es la más empleada pero no está universalmente disponible. De forma alterna, diferentes materiales tales como subproductos industriales, arcillas, perlita y residuos agroindustriales han sido evaluados como medios de cultivo para el crecimiento de los rizobios. La mayoría de los materiales deben ser recursos locales de alta disponibilidad y costo mínimo, con el fin de garantizar la disminución de costos durante los procesos de producción de inoculantes, con el fin que las tecnologías generadas lleguen a un bajo valor económico al agricultor (*Comunicación personal, Garrido, 2008; Rebah et al., 2007*).

La simbiosis leguminosa-rizobio juega un rol importante en agricultura, debido a que ofrece la habilidad de convertir nitrógeno molecular atmosférico en formas disponibles para la planta, proceso conocido como fijación biológica de nitrógeno, además en algunos tipos de cultivo puede asegurar hasta el 100% de la fertilización nitrogenada. La mayoría de las investigaciones para optimizar la fijación simbiótica de nitrógeno y para incrementar el uso de leguminosas en sistemas de cultivos ha sido en parte estimulado por el incremento en el precio de los fertilizantes y por los aspectos ambientales implicados detrás de la aplicación de este tipo de fertilizantes, por lo tanto, también contribuye a la preservación del medio ambiente que ha sido afectado por la utilización de fertilizantes químicos de síntesis.

Actualmente, la mayor parte de los laboratorios de microbiología cuentan con una colección de microorganismos, generando la necesidad de implementar métodos



de conservación que permitan mantener la viabilidad celular por un periodo prolongado de tiempo. En general, las colecciones de cepas tienen dos fines esenciales: preservación de especies de alto valor y distribución de estas. Se distinguen varios métodos de preservación, y uno de los parámetros de distinción entre ellos es el tiempo de conservación; de esta manera se pueden encontrar métodos a corto, mediano y largo plazo. Lo que busca la conservación es mantener la célula viable y estable tanto genética como bioquímicamente, los métodos a largo plazo son los que cumplen con este fin por un periodo más amplio de tiempo. Dentro de esta categoría se distinguen dos métodos fundamentalmente: liofilización y crio conservación, sin embargo, no todas las células son aptas para el uno o el otro método, así la escogencia de éste se hace relevante a la hora de realizar la conservación. Algunos de los factores que se tienen en cuenta para la preservación de cepas son los siguientes: géneros a ser preservados, mantenimiento de la pureza, mantenimiento de la viabilidad y estabilidad genética, propiedades especiales del cultivo, número de cultivos preservados, frecuencia del uso de los cultivos, equipos y espacio de almacenamiento, necesidades de las áreas de investigación y costos. (Plazas, 2007).

El tomate es una planta perenne que se cultiva como anual, puede desarrollarse como planta erecta, rastrera o semirrecta. El crecimiento es limitado en las variedades determinadas, mientras que es ilimitado en variedades indeterminadas. La ramificación es generalmente simpodial.



## **FENOLOGÍA DEL CULTIVO**

El ciclo de vida del tomate comprende cuatro etapas: plántula, vegetativa, floración, fructificación.

- **Plántula:** Comprende desde la siembra hasta el trasplante.

La semilla conserva su poder germinativo durante más de cuatro años, y no tiene dormición por lo que puede germinar poco después de ser cosechada. La germinación es favorecida por tres factores principales: la oscuridad, una fototemperatura de 26° C y una nictotemperatura de 20°C. Las temperaturas bajas o muy altas provocan un crecimiento muy lento de la radícula. Entre los 15 y 25 días posteriores a la germinación es fundamental la disponibilidad de fósforo para el desarrollo de las raíces.

- **Crecimiento vegetativo**

El crecimiento vegetativo se prolonga desde la emergencia hasta la aparición de la primera inflorescencia que sucede cuando se han formado entre 6 y 12 hojas verdaderas. La iniciación de hojas se produce a intervalos de 2-3 días, en función de las condiciones ambientales. La producción de hojas y primordios foliares aumenta con la radiación interceptada y la temperatura. Temperaturas inferiores a 0°C destruyen totalmente la planta, ya que es muy susceptible a heladas y bajas temperaturas. Los umbrales para el crecimiento óptimo de la planta se encuentran entre 12°C y 30-35°C. El exceso de nitrógeno puede conducir a un desarrollo vegetativo exuberante.

- **Floración**

El desarrollo de las flores constituye la etapa previa a la fructificación, por lo que resulta crucial el óptimo desarrollo de las mismas. La floración depende de varios factores como la variedad, la temperatura, la iluminación, y la competencia con otros cultivos, la nutrición y los reguladores de crecimiento. La iluminación solar puede



afectar el tiempo de la floración y por el contrario el fotoperiodo tiene un efecto relativamente débil. Las temperaturas elevadas aceleran generalmente el desarrollo floral, también favorecen el aborto de las yemas en condiciones de baja irradiación. El aborto de flores también se produce por la falta de nitrógeno, fósforo y potasio.

- **Fructificación**

La fecundación de los óvulos es el principio del crecimiento del fruto. La fecundación puede dividirse en tres etapas: formación del grano de polen, polinización y la fecundación. La transferencia de los granos de polen al estigma depende principalmente de la humedad relativa (superior al 70%) para que puedan adherirse eficientemente.

La temperatura óptima para la polinización se encuentra entre los 17-24° C. Los cultivares modernos de tomate se auto polinizan.

El desarrollo del fruto presenta seis estadios:

1. Ovario fecundado
2. Mitad del crecimiento
3. Verde inmaduro
4. Verde maduro (momento en que se adquirió el crecimiento máximo).
5. Pintón
6. Rojo maduro.

El ovario se desarrolla a fruto maduro en el término de 7 a 9 semanas dependiendo del cultivar, posición en el racimo, y las condiciones ambientales. El crecimiento del fruto presenta un patrón de crecimiento sigmoideo con tres períodos. Un primer período de crecimiento lento y el peso del fruto es menor al 10% del peso final; dura de 2 a 3 semanas. El segundo período es de crecimiento rápido y se prolonga hasta



el inicio de la maduración. Finalmente, hay un período de crecimiento lento donde se producen los cambios metabólicos característicos de la maduración.

La falla en el cuaje es uno de los problemas más comunes principalmente en zonas susceptibles a bajas temperaturas. En estos casos, los frutos poseen pocas o ninguna semilla. A su vez, otro factor que afecta el crecimiento de los frutos es la disposición de los fotoasimilados, los cuales provienen fundamentalmente de las dos hojas situadas cerca de la inflorescencia.

El tamaño final de los frutos depende de la posición en la inflorescencia, siendo los proximales los frutos más grandes. A su vez, se encuentra estrechamente correlacionado con el número de semillas y lóculos. El número de semillas varía entre 50 y 200.

El tomate, es un fruto climatérico, capaz de seguir madurando incluso después de haber sido recolectado. Esto es debido a que, a pesar de haber sido recolectado de la planta, el fruto aumenta su tasa de respiración y su producción de etileno, principal hormona que se encarga de la maduración y envejecimiento de los frutos.

1

#### **4.3. MARCO CONCEPTUAL**

**AGRICULTURA SOSTENIBLE:** La agricultura sostenible debe garantizar la seguridad alimentaria mundial y al mismo tiempo promover ecosistemas saludables y apoyar la gestión sostenible de la tierra, el agua y los recursos naturales.

**AGRICULTURA ECOLÓGICA:** Todos los sistemas agrícolas que promueven la producción ambiental, social y económicamente sostenible de alimentos, los cuales

---

<sup>1</sup> Fuente especificada no válida.



debe ocurrir sin la utilización de insumos de síntesis química y tomando la fertilidad del suelo como un elemento fundamental para la producción exitosa, respetando la capacidad natural de las plantas, los animales y los suelos, para optimizar la calidad en todos los aspectos de la agricultura y el ambiente.

**AGRICULTURA CONVENCIONAL:** Método de producción agropecuaria en el que se utilizan sustancias químicas sintéticas total o parcialmente.

**BIOFERTILIZANTES** son productos a base de microorganismos benéficos del suelo, en especial bacterias y/o hongos, que viven asociados o en simbiosis con las plantas y ayudan de manera natural a su nutrición y crecimiento, además de ser mejoradores de suelo.

**FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO (FBN)** consiste en la transformación del  $N_2$  en amonio  $NH_4^+$ , el cual se incorpora inmediatamente a compuestos orgánicos (aminoácidos). Es un proceso exclusivamente biológico realizado solo por algunos organismos procarióticos que poseen la enzima Nitrogenasa (Nasa) conocidos como diazótrofos, es decir consumidores de  $N_2$  (di=dos; azoto=N; trofo=comer).

**BACTERIAS QUE PROMUEVEN EL CRECIMIENTO VEGETAL (PGPR)** son microorganismos potencialmente beneficiosos para el desarrollo de las plantas, actúan estimulando el crecimiento vegetal, mejorando su supervivencia o como biocontroles. Los exudados de la raíz de las plantas son los responsables del establecimiento y proliferación de las PGPR, siendo estos exudados la principal fuente de energía para las bacterias.



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

**SUELO DEGRADADO:** cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios.

**MICROORGANISMOS:** Es un ser vivo, o un sistema biológico, que solo puede visualizarse con el microscopio.

**RECURSO NATURAL:** Un recurso natural es un bien o servicio proporcionado por la naturaleza sin alteraciones por parte del ser humano.

**BIOTECNOLOGIA:** Es toda aquella aplicación que emplea organismos vivos para obtener bienes, productos o servicios en función de los seres humanos. Desde la antigüedad, el hombre ha realizado procesos biotecnológicos como la fermentación de la cual han resultado productos como el vino, el pan o la cerveza.

#### **4.4. MARCO CONTEXTUAL**

El área geográfica en el cual se realizará la investigación será en Valencia de Jesús-César, uno de los 26 corregimientos del municipio colombiano de Valledupar, allí se evaluará el comportamiento de las diferentes cepas de *Rhizobium* en el suelo degradado.

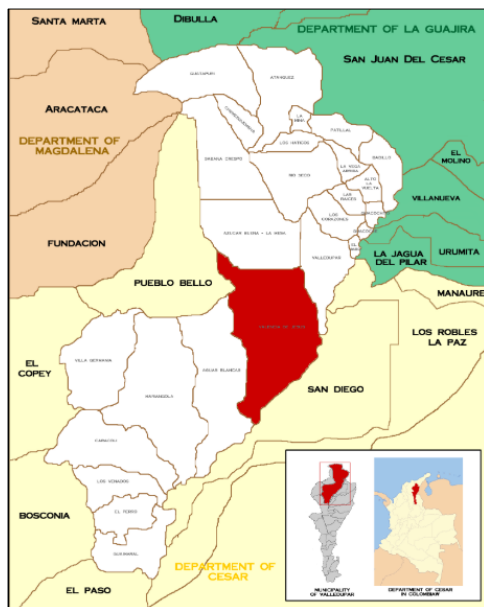


**Universidad  
Popular del Cesar**

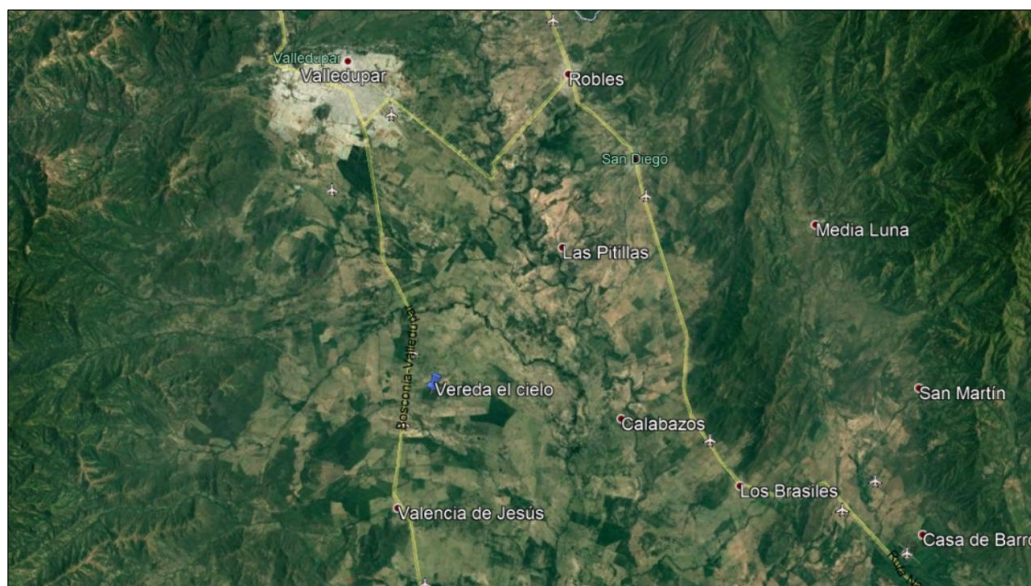
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**



***Ilustración 1 Corregimiento Valencia de Jesús- Cesar***



***Ilustración 2 Ubicación del Proyecto***

Limita hacia el norte con el corregimiento de Azúcar Buena; hacia el occidente con la zona rural de la ciudad de Valledupar. Al sur limita con el municipio de San Diego y al occidente con el corregimiento de Aguas Blancas.



#### **4.5. MARCO LEGAL**

Normatividad referente al componente suelo.

- **La Constitución política de 1991** establece las normas generales para el uso y conservación de los recursos naturales, dentro de ellas, encontramos los siguientes artículos que velan por el cuidado del componente ambiental.
- Artículo 79: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo y es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
- Artículo 80: El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
- Artículo 332: El Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes
- Artículo 334: La dirección general de la economía estará a cargo del Estado. Este intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados, para racionalizar la economía con el fin de conseguir el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano.
- Artículo 360: La ley determinará las condiciones para la explotación de los recursos naturales no renovables, así como los derechos de las entidades territoriales sobre los mismos.



## **LEYES**

- Ley 2 de 1959: Reserva forestal y protección de suelos y agua. Dentro de la cual se establece que, con el fin de conservar sus suelos, corrientes de agua y asegurar su adecuada utilización, el Gobierno reglamentará la utilización de los terrenos de propiedad privada que se encuentren localizados dentro de los límites de las Zonas de Reserva Forestal o de Bosques Nacionales. El Gobierno podrá también usar de facultades similares para aquellos casos en que sea necesario adelantar prácticas de conservación y mejoramiento de los suelos.
- Ley 23 de 1973: Por el cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Ambiente y se dictan otras disposiciones. Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional.
- Se consideran bienes contaminables el aire, el agua y el suelo.
- Ley 99 de 1993: Crea el Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, le asigna dentro de sus funciones la de establecer los criterios ambientales que deben ser incorporados en la formulación de las políticas sectoriales y en los procesos de planificación de los demás Ministerios y entidades. Y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.
- Ley 388 de 1997: Mediante esta ley se definen las estrategias territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo, en función de los objetivos económicos, sociales, urbanísticos y ambientales.



## **DECRETOS**

- Decreto 2811 de 1974: Por el cual se adopta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Ambiente.
- En su Art. 3 el presente Código regula el manejo de los recursos naturales renovables (La tierra, el suelo y el subsuelo).
- En el Art. 8 se consideran factores que deterioran el ambiente, entre otros: La degradación, la erosión y el revenimiento de suelos y tierras.
- En el Art. 35 se prohíbe descargar, sin autorización, los residuos, basuras y desperdicios, y en general, de desechos que deterioren los suelos o, causen daño o molestia al individuo o núcleos humanos.
- En el Art. 36 para la disposición o procesamiento final de las basuras se utilizarán preferiblemente los medios que permita, entre otros, restaurar o mejorar los suelos.
- En el Art. 179 el aprovechamiento de los suelos deberá efectuarse en forma de mantener su integridad física y su capacidad productora.
- En la utilización de los suelos se aplicarán normas técnicas de manejo para evitar su pérdida o degradación, lograr su recuperación y asegurar su conservación.
- Decreto 4741 de 2005: El presente decreto tiene por objeto prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente. El receptor del residuo o desecho peligroso asumirá la responsabilidad integral del generador, una vez lo reciba del transportador y haya efectuado o comprobado el aprovechamiento o disposición final del mismo. La responsabilidad de que trata este artículo incluye el monitoreo, el diagnóstico y remediación del suelo, de las aguas superficiales y subterráneas en caso de que se presente contaminación por estos residuos.



- Decreto 2372 de 2010: Por medio del cual se reglamenta el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y los procedimientos generales relacionados con este. Dentro de las categorías de áreas protegidas que conforman el SINAP son áreas protegidas públicas: Los Distritos de Conservación de Suelos. Esta área se delimita para someterla a un manejo especial orientado a la recuperación de suelos alterados o degradados o la prevención de fenómenos que causen alteración o degradación en áreas especialmente vulnerables por sus condiciones físicas o climáticas o por la clase de utilidad que en ellas se desarrolla.

## **RESOLUCIONES**

- Resolución 0170 de 2009: Declaró el año 2009 como año de los suelos y el 17 de junio como Día Nacional de los Suelos; además se le asigna al Ministerio, entre otras la obligación de formular políticas y expedir normas, directrices e impulsar planes, programas y proyectos dirigidos a la conservación, protección, restauración, recuperación y rehabilitación de los suelos.
- Resolución No. 00150 de 2003: Por la cual se adopta el reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos para Colombia.



### **Normas Técnicas Colombianas (NTC)**

- NTC 5167: Esta norma establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y como enmiendas o acondicionadores de suelo.
- NTC 3656: Esta norma tiene por objeto establecer las metodologías para la toma de muestras de suelo con el propósito de determinar la contaminación, y garantizar que los análisis de laboratorio permitan, por una parte, evaluar su calidad y el grado de contaminación y por otra, establecer su efecto sobre la aptitud y el uso de las tierras.
- NTC 4113-2: Esta norma presenta orientaciones sobre técnicas para tomar y almacenar muestras de suelo, de tal modo que éstas se puedan examinar



## **5. MARCO METODOLÓGICO**

### **5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación aplicada para la fijación del nitrógeno atmosférico a través de la capacidad asociativa de diferentes plantas y bacterias de *Rhizobium* es:

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

Además de describir el fenómeno, tratan de buscar la explicación del comportamiento de las variables. Su metodología es básicamente cuantitativa y su fin último es el descubrimiento de las causas. Se pueden considerar entre las disciplinas planteadas para el desarrollo de la metodología aplicada está el diseño experimental. (Hernández, et al., 2003).

**LINEA DE INVESTIGACION.** Sostenibilidad y gestión ambiental.

**SUB LINEA DE INVESTIGACION.** Suelo.

### **5.2. POBLACIÓN**

La población del proyecto se refiere a las 14000 Ha de suelos degradados en el departamento del Cesar y 49m<sup>2</sup> aproximadamente en el contexto de la investigación.

### **5.3. MUESTRA**

Se tomará una muestra de suelo equivalente a 1kg del corregimiento de Valencia de Jesús-César para así determinar sus condiciones.



## **5.4. DESARROLLO METODOLÓGICO**

### **5.4.1. Etapa 1: Identificar los parámetros físicos-químicos del suelo en estudio.**

#### ***Actividad 1.1. Revisión Bibliográfica***

En la primera etapa del proyecto, se realizará como primera actividad, una revisión bibliográfica de acuerdo con la temática de estudio, basado en artículos científicos, ensayos, repositorio, investigaciones, entre otras, que permitirán un análisis y desarrollo del proyecto, bajo bases teóricas y argumentos, que nos permitan sustentar a lo largo del desarrollo de toda la investigación.

De igual manera se buscará en las entidades ambientales de jurisdicción en el departamento como CORPOCESAR, IGAC, MINAMBIENTE, entre otras; que permita conocer las condiciones iniciales del suelo en estudio.

#### ***Actividad 1.2. Selección de parámetros fisicoquímicos***

Es indispensable para determinar los procesos de recuperación del suelo, conocer las condiciones iniciales de este, por lo tanto, en la segunda actividad de la primera etapa y de acuerdo con las bases teóricas tomadas en la primera etapa, se hará una selección de los principales parámetros fisicoquímicos, que nos permitirán evaluar el proceso de la eficiencia de las cepas como enmienda biológica en el suelo.

Los parámetros seleccionados serán:

- Textura
- pH
- Humedad
- Materia orgánica



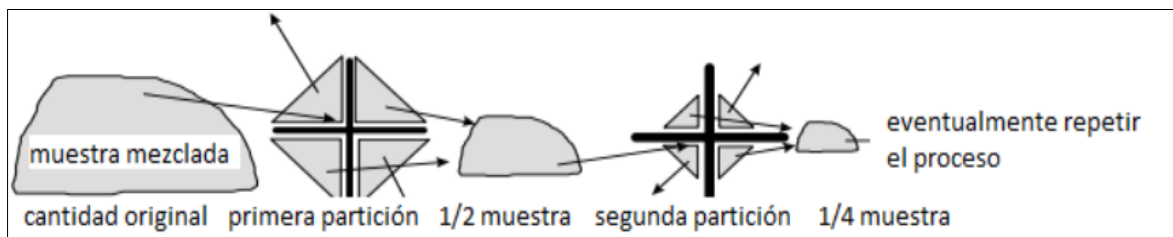
- Carbono orgánico
- Capacidad de intercambio catiónico (P, Ca, Mg, K)

### **Actividad 1.3. Toma de muestras**

En el desarrollo de la última actividad de la primera etapa, se realizará el proceso de muestreo del suelo, para posteriormente llevar las respectivas a un laboratorio certificado, que permita determinar las condiciones iniciales del suelo.

El proceso de toma de muestras se hará de acuerdo con la *Guía para muestreo de suelos desarrollada* por el Ministerio de Ambiente, el procedimiento será el siguiente:

- a. Tomar los datos generales del sitio como: ubicación, uso principal, coordenadas, técnica de muestreo e instrumentos a utilizar.
- b. Limpie cuidadosamente el área a muestrear de cualquier desecho o escombros superficial.
- c. La muestra se tomará a profundidades de entre 30 – 60 cm.
- d. Cuartear la muestra mezclada y repetir el proceso hasta que llegue a la cantidad de material necesario.



**Ilustración 2 Proceso de toma de muestras**

*Fuente: Ministerio de ambiente, 2012*



#### **5.4.2. Etapa 2: Aislar las diferentes cepas de *Rhizobium* para su implementación**

##### ***Actividad 2.1. Preparación y limpieza de la zona de estudio***

En el desarrollo de la primera actividad de la segunda etapa, se prepara el terreno para la aplicación de la cepa al finalizar la fase, se desmalezará el área donde se establecerá el experimento, con el fin de que el suelo quede libre de plantas perjudiciales y piedras que fueran a repercutir más tarde en los resultados del ensayo. Luego se desmenuzará el terreno, preparándolo con abono orgánico para mejorar su estructura y textura; que daría a la planta el medio adecuado para su normal desarrollo.

##### ***Actividad 2.2. Identificación de la cepa y manejo de inóculo***

Para la segunda actividad se procederá al aislamiento de la cepa y el manejo del inóculo de *Rhizobium*, la técnica para la inoculación de la semilla es la denominada Slurry, que consiste en mezclar en un recipiente limpio, el inoculante con base en turba estéril y una solución de goma arábica (40% en H<sub>2</sub>O) hasta formar una pasta homogénea, luego se agregaran las semillas limpias y sin tratar con fungicidas, se mezclan bien, hasta que las semillas queden cubiertas por el inoculante y por último se peletizaran agregándose cal dolomítica en exceso y girando el recipiente muy suavemente hasta que las semillas se despeguen una de la otra, dejándose secar durante veinte minutos a la sombra, para evitar que los pellets se descascaren, este proceso se realizara en mismo día de la siembra.

##### ***Actividad 2.3. Aplicación de la cepa de *Rhizobium****

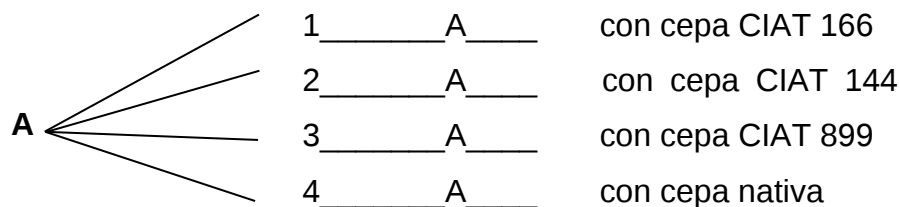
Para la última actividad de la segunda etapa de la investigación, se hará la descripción del diseño experimental a desarrollar, este abarcará 4 tratamientos, los



cuales se situarán en un diseño en bloque con parcelas divididas con arreglo factorial 1x4.

El experimento se desarrollará de la siguiente manera: La variedad de tomate como las cepas de Rhizobium en las parcelas.

2.



Donde:

A= Genotipo

1= Cepa

2= Cepa

3= Cepa

4= Cepa nativa

- ***Características del diseño experimental***

- a) Largo del surco: 2m
- b) Distancia entre surco: 1m
- c) Distancia entre plantas: 0.5m
- d) Numero de semilla por sitio: 1
- e) Número de plantas por surco: 3
- f) Número de plantas por parcelas: 6
- g) Surco útil por parcelas: 1
- h) Área por parcela: 4 m<sup>2</sup>
- i) Número de parcelas principales por bloque: 4

*Fuente: Autores, 2021*



### **5.4.3. Etapa 3: Evaluar la eficiencia de las diferentes cepas de *Rhizobium* como enmienda biológica en el suelo degradado.**

#### ***Actividad 3.1. Selección de parámetros de evaluación***

Finalmente, para evaluar la eficiencia y cumplir los objetivos del proyecto y que permitan probar las hipótesis propuestas se tomará la eficiencia del genotipo de tomate y de las diferentes cepas de *Rhizobium* a evaluar tales como:

- Nodulación
- Materia seca
- Rendimiento de frutos por plantas
- Efectividad de la inoculación
- Análisis de contenido de Nitrógeno total (%)

Para esta variable se utilizará el método de Micro-Kjeldahl que consiste en:

- ✓ **Preparación de la muestra.** Se toma 0,25 gramos de la muestra de suelo, previamente molida en un Mixer B-400 agregando ácido sulfúrico con el catalizador Kjeldahl en un tubo digestor.
- ✓ **Digestión.** Se toma el tubo digestor para luego colocarlo en el equipo Digester K-436 y la muestra sea digerida. La mineralización catalítica del material orgánico en un proceso de ebullición de una mezcla de ácido sulfúrico y sales de sulfato a temperaturas de ebullición entre 340 °C y 370°C formando así sulfato de amonio.
- ✓ **Destilación.** Después de digerida la muestra, se agrega hidróxido de sodio, el amonio reacciona con NaOH formando así amoniaco en gas. El amoniaco se destila por arrastre de vapor y se condensa para ser depositado en ácido bórico, esto ocurre en el equipo destilador con titulador K-375.



- ✓ **Titulación.** Se recoge el destilado y se titula con ácido sulfúrico al 0.1N. Se tomarán las lecturas en la bureta.

Para calcular el porcentaje (%) de nitrógeno total, se utilizará la siguiente formula.

$$\% N = \frac{(V_M - V_B) * N_{\text{ácido}} * 0,014}{\text{peso de muestra}} * 100\%$$

Donde:

$V_M$  = ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gastado en la muestra

$V_B$  = ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gastado en el testigo

### ***Actividad 3.2. Efectividad de la inoculación***

Para evaluar la eficiencia de la inoculación será a través de los resultados obtenidos por el desarrollo, mejoramiento y adaptabilidad de las cepas tanto de las plantas como en el suelo.



## **6. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION**

### **6.1. Etapa 1: Identificar los parámetros físicos-químicos del suelo en estudio.**

#### **6.1.1. Toma de muestras**

En el desarrollo de la primera fase del proyecto se realizó un análisis de los parámetros físicos-químicos del suelo en la Vereda el Cielo, ubicada en el corregimiento de Valencia de Jesús, departamento del César, teniendo en cuenta la metodología seleccionada, por el criterio fue por medio de Cuarteo, teniendo en cuenta que se tomaron 5 submuestras de suelo que formaron una inicial con un peso de 8kg, estas submuestras fueron seleccionadas y extraídas, de acuerdo a la representatividad que tenían del área del suelo, como se muestra en la Ilustración 3.



*Ilustración 4 Muestra inicial del suelo*

*Fuente: Autores, 2021*

Al momento del inicio del proceso se extendió un plástico en el lugar, de tal manera que las muestras, no se pudieran contaminar, posteriormente se realizó el cuarteo



No 1, como se muestra en la Ilustración 4, se tomaron las dos particiones diagonales y se formó otra muestra No 2 con un peso de 4kg, observado en la Ilustración 2.



*Ilustración 5 Procedimiento de cuarteo No 1*

*Fuente: Autores, 2021*



*Ilustración 6 Muestra No 2*

*Fuente: Autores, 2021*



Se procedió finalmente a realizar la segunda partición con la muestra No 2, que permitió tomar 4 submuestras de 1 kg, para enviar la muestra final y realizar el muestreo correspondiente a los parámetros seleccionados.



*Ilustración 7 Procedimiento de Cuarteo No 2*

*Fuente: Autores, 2021*

La muestra se introdujo en una bolsa plástica que se encontraba limpia, rotulada y fue enviada al laboratorio correspondiente y se presentó un análisis del procedimiento de la toma de muestras.

Adicionalmente se anexaron las coordenadas geográficas y el Sistema de Coordenadas Universal transversal de Mercator (UTM), siendo las de mayor acceso, dadas en la ilustración 8 y 9 del sitio de muestreo del suelo en la Vereda el cielo, de tal manera, que, a la hora de hacer el muestreo final, se tomara ubicación exacta de la inicial; esto es un gran apoyo en la investigación ya que permite disminuir los márgenes de errores dentro de la misma y obtener resultados de mayor confiabilidad.

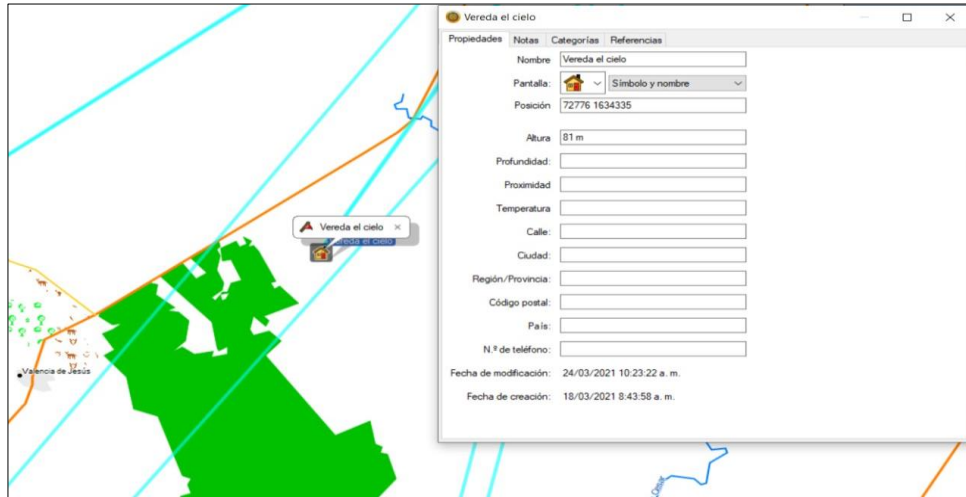


**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**



*Ilustración 8 Coordenadas geográficas la Vereda el cielo*

*Fuente: Autores, 2021*



*Ilustración 9 Coordenadas UTM*

*Fuente: Autores, 2021*



### **6.1.2. Análisis de los parámetros físico- químicos**

En el desarrollo de la primera fase del proyecto, era necesario determinar las condiciones iniciales del suelo y frente a las condiciones fisicoquímicas, que nos permitieran enfocar el mejoramiento de la calidad del suelo, de acuerdo con el análisis previo obtenido; en la tabla 2 se observan los resultados dados, del muestreo ya mostrado en la actividad anterior, hecho por la Universidad Nacional de Colombia-sede Medellín -Laboratorio de Suelos Carrera 65 Nro. 59A – 110 Bloque 14 – 203.

*Tabla 2 Resultados parámetros fisicoquímicos Iniciales*

| <b>Parámetro</b>        | <b>Variable</b> | <b>Unidad</b> | <b>Resultado</b> |
|-------------------------|-----------------|---------------|------------------|
| <b>Limo</b>             | L%              | %             | 38               |
| <b>Arcilla</b>          | Ar %            | %             | 49               |
| <b>Arena</b>            | A%              | %             | 13               |
| <b>pH</b>               | pH              | -             | 7                |
| <b>Humedad</b>          | pW              | %             | 2,46             |
| <b>Materia Orgánica</b> | MO              | %             | 2,14             |
| <b>Nitrógeno total</b>  | N               | %             | 0,15             |
| <b>Carbono Orgánico</b> | CO              | %             | 1,24             |
| <b>Calcio</b>           | Ca              | %             | 10,77            |
| <b>Magnesio</b>         | Mg              | %             | 5,02             |
| <b>Potasio</b>          | K               | %             | 0,5              |
| <b>Fósforo</b>          | P               | %             | 11,52            |

*Fuente: Autores, 2021*

En el anexo 1 encontramos el informe de resultados entregados por parte del laboratorio; en la tabla 2 se organizó los resultados obtenidos en cada parámetro.



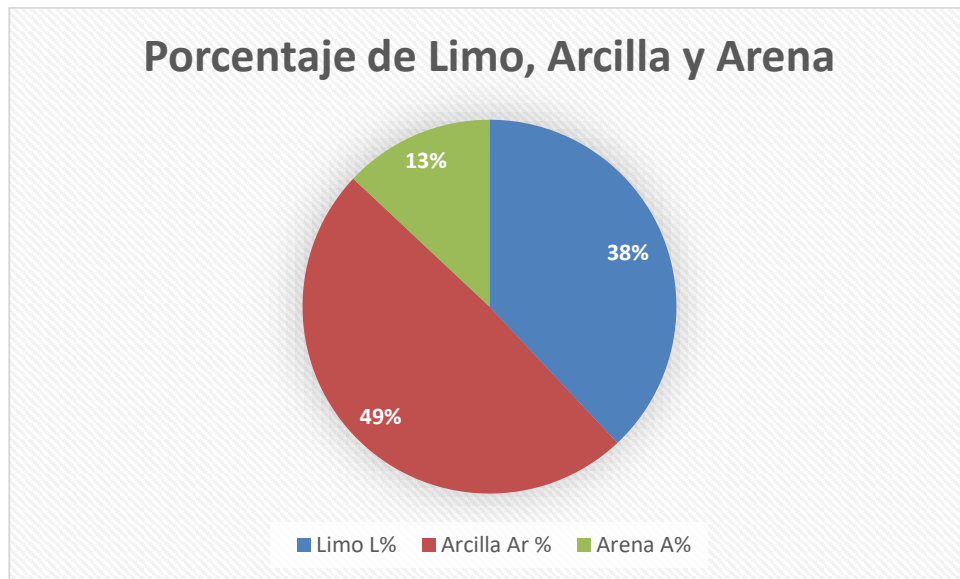
➤ **Textura**

El análisis en la textura del suelo nos permite definir el tamaño de las partículas presentes en el mismo y se determina por las cantidades presentes de Limo, Arcilla y Arena; en el suelo de estudio, de acuerdo con el Grafico 1, se observa que presenta un porcentaje de 49% de arcilla, es decir presenta la característica de un suelo arcilloso.

*Tabla 1 cantidades de Limo, Arcilla y Arena*

| <b>Parámetro</b> | <b>Variable</b> | <b>Resultado</b> |
|------------------|-----------------|------------------|
| <b>Limo</b>      | L%              | 38               |
| <b>Arcilla</b>   | Ar %            | 49               |
| <b>Arena</b>     | A%              | 13               |

*Fuente: Autores, 2021*



*Gráfico 1 Representación gráfica de la cantidad de Limo, Arcilla y Arena*

*Fuente: Autores, 2021*



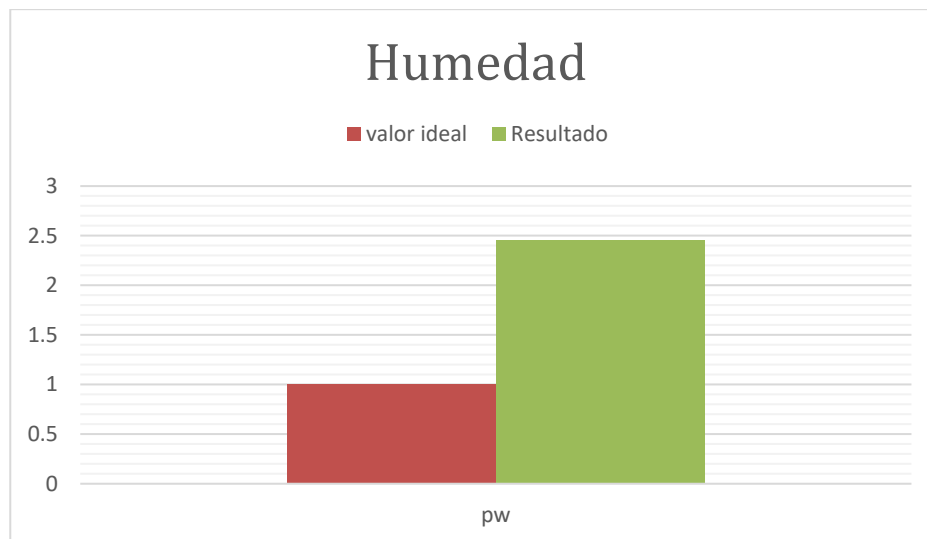
Este tipo de suelos arcillosos presenta una alta retención de agua, que se traduce en la falta de aire y un difícil drenaje, claramente los niveles estructurales son deficientes.

➤ **Humedad**

*Tabla 2 Resultados obtenidos parámetro Humedad*

| <b>Parámetro</b> | <b>Variable</b> | <b>valor ideal</b> | <b>Resultado</b> |
|------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| <b>Humedad</b>   | Pw              | 1                  | 2,46             |

*Fuente: Autores, 2021*



*Gráfico 2 Resultados obtenidos parámetro Humedad*

*Fuente: Autores, 2021*

Los porcentajes de humedad en el suelo dependerán en gran medida del tipo de suelo y textura la cual nos encontremos, en este caso en particular el suelo presenta una característica de ser arcilloso, lo ideal es mantener capacidad de humedad más baja, por lo tanto, el valor ideal para este caso es menor de dos, claramente se



observa que supera los niveles deseados, permitiendo que las propiedades de retener nutrientes sean deficientes.

➤ **pH**

La acidez en un suelo está representada por el valor de pH, los resultados obtenidos en la muestra, se observa en la tabla 2 que tenemos un suelo con un valor neutro, teniendo en cuenta la clasificación de la tabla 5.

*Tabla 3 Valores de los parámetros de pH*

| pH        | Clasificación |
|-----------|---------------|
| < 5,5     | Muy ácido     |
| 5,6 - 6,5 | Acido         |
| 6,6 - 7,5 | Neutro        |
| 7,6 - 8,5 | Básico        |
| > 8,6     | Alcalino      |

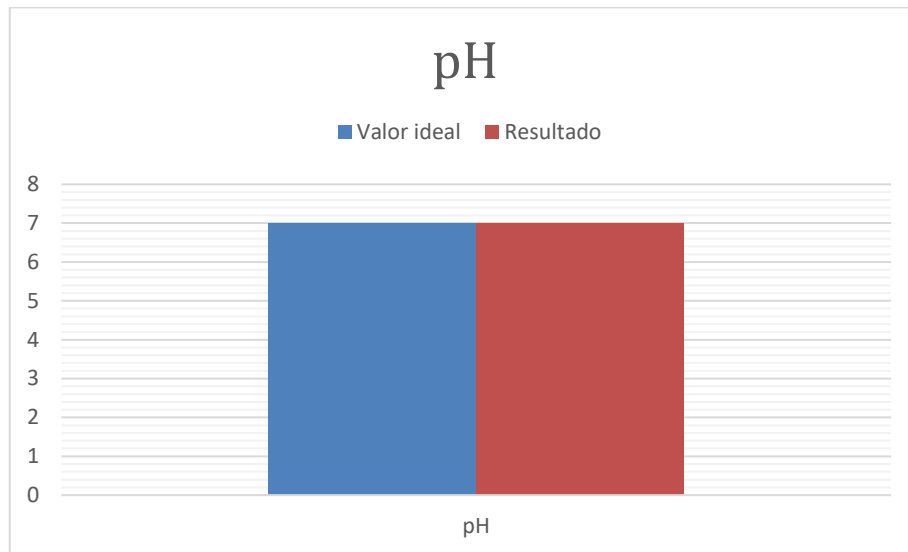
**Fuente:** (Andrades & Martinez, 2001)

*Tabla 4 Resultados obtenidos parámetro pH*

| Parámetro | Variable | Valor ideal | Resultado |
|-----------|----------|-------------|-----------|
| pH        | pH       | 7           | 7         |

*Fuente:* Autores, 2021

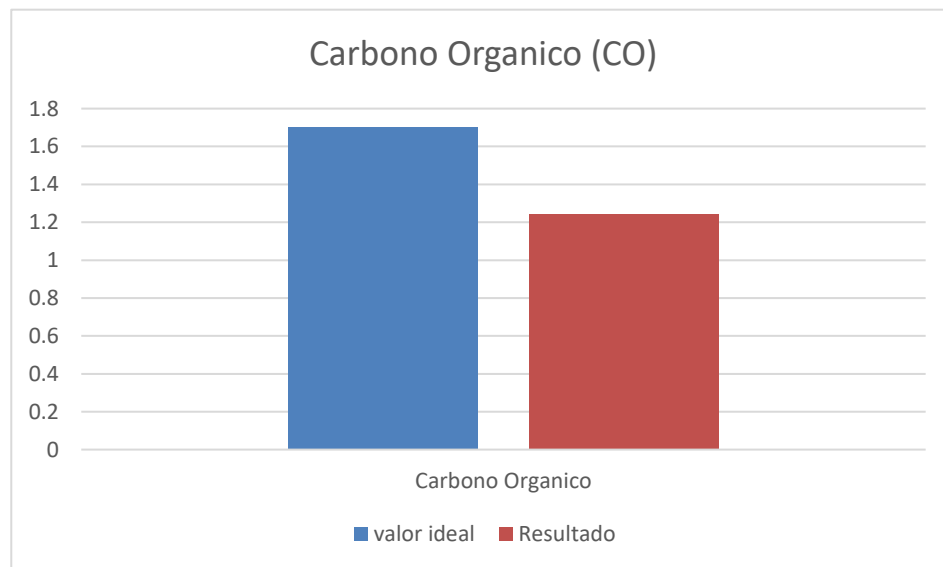
En la representación gráfica, siguiente se muestra que el valor ideal del suelo se encuentra entre 6,6-7,5 y los resultados obtenidos fueron de 7,0, siendo tomado como un suelo neutro, el cual ayuda a un mejor rendimiento del mismo, es necesario evaluar los siguientes parámetros de estudios, que puedan afectar la capacidad productiva del suelo y que sean los determinantes para conocer, las condiciones que están generando su detrimento.



*Gráfico 3 Resultados obtenidos parámetro pH*

*Fuente: Autores, 2021*

➤ **Carbono Orgánico**



*Gráfico 4 Resultados obtenidos Carbono orgánico*

*Fuente: Autores, 2021*



El carbono orgánico es un parámetro de gran importancia y que se encuentra ligado a la disponibilidad de Materia orgánica y nutrientes en el suelo, por lo tanto, es un indicador de las condiciones del suelo.

En el grafico anterior se observa que los valores de CO ideales son cerca de 1,7 y el suelo inicial tuvo valores de 1,4 por lo tanto presenta altas perdidas de este nutriente, debido a actividades de agricultura y ganadería intensiva, que hubo en esta zona de estudio; esto afecta a otras propiedades del suelo físicas y biológicas, como la calidad y capacidad productiva; aun así, son efectos secundarios, que en general trae como consecuencia la degradación de los suelos.

#### ➤ **Materia orgánica**

La cantidad de materia orgánica es uno de los parámetros de mayor importancia, ya que muestra la cantidad de materia vegetal, en los suelos que presentan una adecuada condición para el desarrollo de los cultivos que presentan valores desde 2,5-3,0.

*Tabla 5 Resultados obtenidos parámetro Materia Orgánica*

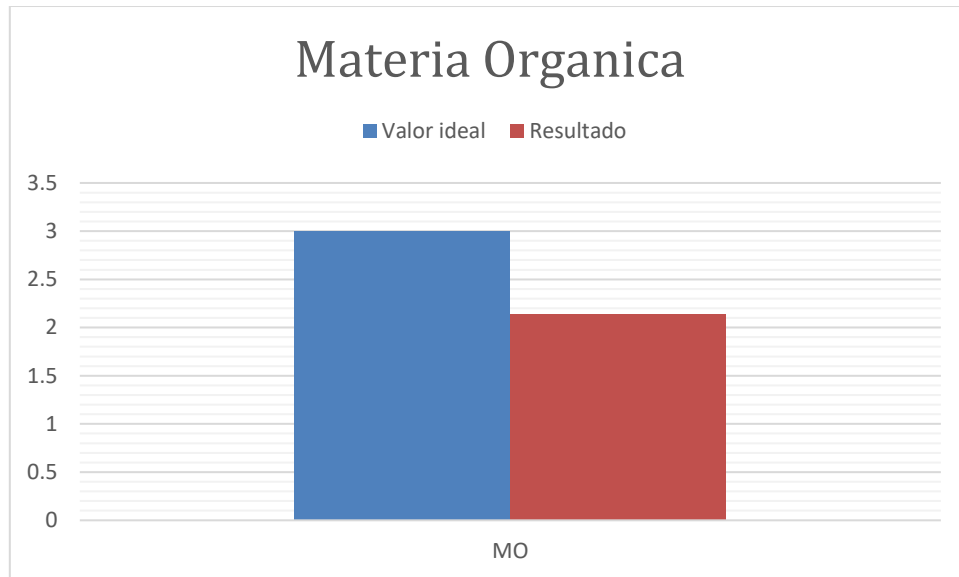
| <b>Parámetro</b>        | <b>Variable</b> | <b>Valor ideal</b> | <b>Resultado</b> |
|-------------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| <b>Materia orgánica</b> | MO              | 3                  | 2,14             |

*Fuente: Autores, 2021*

En la tabla anterior, se hizo una comparación de los valores ideales, frente a las condiciones del suelo, se observa que el parámetro de MO con un valor de 2,14 afecta la estructura física del suelo, volviéndolo más susceptible a procesos como la erosión, por lo tanto, este suelo presenta deficiencias en la capacidad de almacenar nutrientes que favorezcan la productividad.



De tal manera que se puede deducir que la baja cantidad de la MO ha generado afectación en la capacidad de retención del agua y todo esto ha influenciado en la pérdida de fertilidad, que ya se había evidenciado, en las inspecciones oculares.



*Gráfico 5 Resultados obtenidos parámetro Materia Orgánica*

*Fuente: Autores, 2021*

### ➤ **Nitrógeno total**

En la tabla 2 encontramos los diferentes valores obtenidos en el análisis inicial del suelo, se obtuvo que el porcentaje de Nitrógeno total correspondió a 0,15, teniendo en cuenta que es un macronutriente primordial en la nutrición de las plantas y en su formación radicular, puede encontrarse distribuido en diferentes formas en el suelo, su medición y estudio es algo complejo, debido a esto no se han estandarizados en la actualidad los valores que deban cumplir específicamente los suelos, puesto que su variación depende del uso del mismo.



En este caso en particular, al contemplar el uso de suelo que permita alta producción vegetal, se encuentra por debajo de los valores ideales, que pueden llegar a ser superiores a 2,0%, por lo tanto es ideal que el suelo de estudio permita una adecuada fijación de este nutriente, ya que la deficiencia de este promueve el bajo crecimiento de la biomasa en las especies, adicionalmente el color de las plantas tiende a tornarse amarillento y debilita los diferentes atributos presentes en las especies.

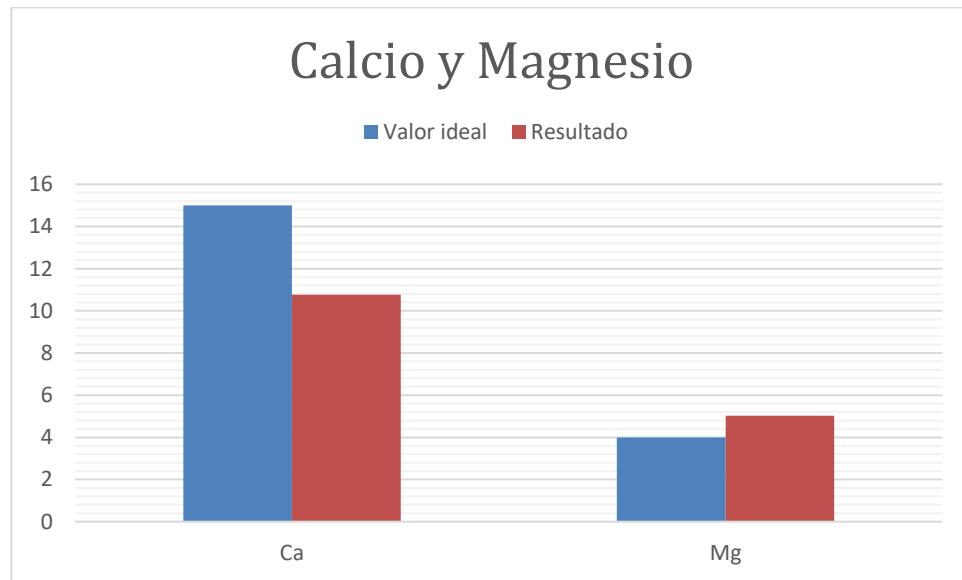
➤ **Calcio y magnesio**

Estos nutrientes, se encuentran altamente ligados con la cantidad de la MO presente en el suelo y tienen la función de estabilizar la estructura de los suelos; en este caso en particular la apariencia que ha mostrado el suelo ha sido poco compacta, puede ser debido a la deficiencia de estos minerales, esto tiende también a frenar el crecimiento de los cultivos, siendo necesario la presencia de estos nutrientes y son uno de los que ayudan al mejor transporte de otro tipo de minerales, dentro del suelo.

*Tabla 6 Resultados obtenidos parámetro Calcio y Magnesio*

| <b>Parámetro</b> | <b>Variable</b> | <b>Valor ideal</b> | <b>Resultado</b> |
|------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| <b>Calcio</b>    | Ca              | 15                 | 10,77            |
| <b>Magnesio</b>  | Mg              | 4                  | 5,02             |

*Fuente: Autores, 2021*



*Gráfico 6 Resultados obtenidos parámetro Calcio y Magnesio*

*Fuente: Autores, 2021*

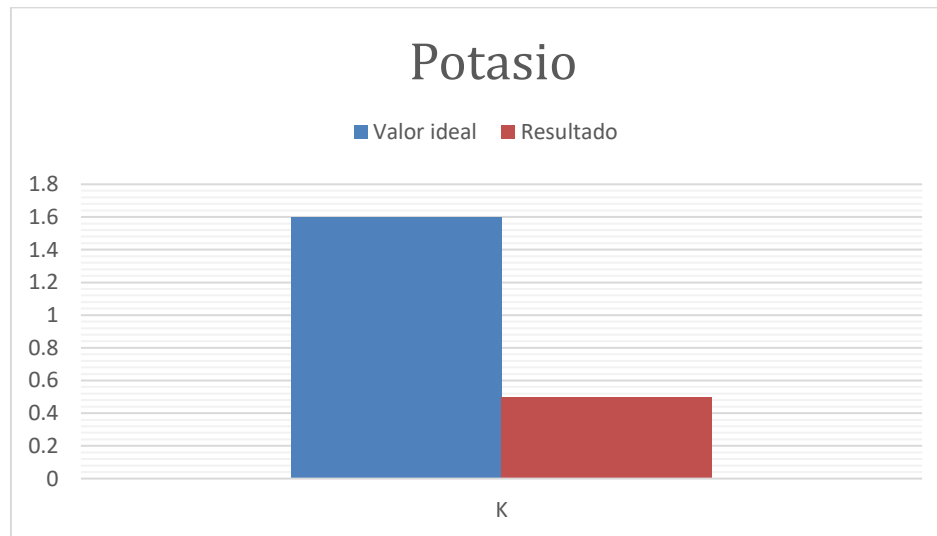
### ➤ **Potasio**

El Potasio parte del grupo de macronutrientes, el cual las plantas tienen requerimiento normalmente de grandes cantidades, los valores ideales radican desde 1,6; claramente el resultado obtenido en el análisis fisicoquímico de 0,5; muestra que este suelo presenta gran deficiencia de este nutriente.

*Tabla 7 Resultados obtenidos parámetro Potasio*

| Parámetro | Variable | Valor ideal | Resultado |
|-----------|----------|-------------|-----------|
| Potasio   | K        | 1,6         | 0,5       |

*Fuente: Autores, 2021*



*Gráfico 7 Resultados obtenidos parámetro Potasio*

*Fuente: Autores, 2021*

La comparación de los valores ideales y el resultado se muestran en la gráfica siguiente, esto es la muestra, porque el suelo ha mostrado una baja fertilidad y puede ocasionar la perdida de consistencia y dureza de las plantas, al presentar deficiencia de este nutriente en su estructura.

### ➤ **Fosforo**

El fósforo es denominado un macronutriente, al igual que el Potasio, es decir en el desarrollo de las plantas las necesidades de este son altas, por lo tanto, los valores en el suelo, lo ideal es que supere los valores del 25%, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el muestreo fue de 11,52; es decir está por debajo de los valores ideales.

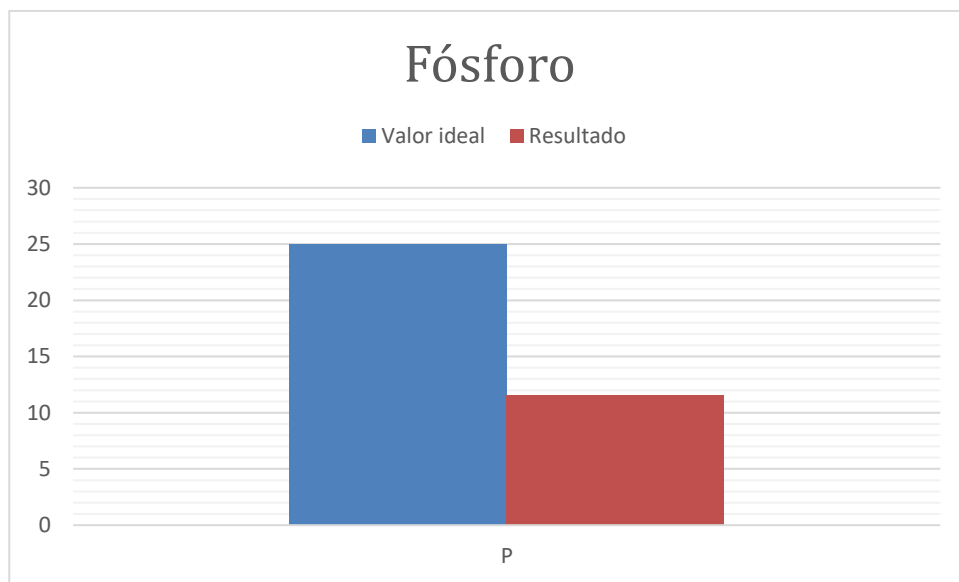
*Tabla 8 Resultados obtenidos parámetro Fósforo*

| Parámetro | Variable | Valor ideal | Resultado |
|-----------|----------|-------------|-----------|
| Fósforo   | P        | 25          | 11,52     |

*Fuente: Autores, 2021*



En la tabla anterior y en el gráfico, se observa las grandes diferencias entre los valores, teniendo en cuenta que esta zona los requerimientos nutricionales de los cultivos son altos, se identifica claramente que se hace necesario, recuperar las condiciones químicas del suelo; en este orden de ideas, al cultivar se necesita grandes valores de este nutriente, el suelo va perdiendo en proporciones y perdiendo su capacidad de retener otros nutrientes.



*Gráfico 8 Resultados obtenidos parámetro Fósforo*

*Fuente: Autores, 2021*



## **6.2. Etapa 2: Aislar las diferentes cepas de Rhizobium para su implementación**

### **6.2.1. Identificación y aplicación de la cepa de Rhizobium**

Inicialmente para el desarrollo de la segunda fase de la investigación se desarrolló el proceso de aislamiento e inoculación de la cepa *Rhizobium*, por medio del método Slurry, que consiste en mezclar en un recipiente limpio, el inoculante con base en turba estéril y una solución de goma arábiga (40% en H<sub>2</sub>O) hasta formar una pasta homogénea, luego se agregaran las semillas limpias y sin tratar con fungicidas, se mezclan bien, hasta que las semillas queden cubiertas por el inoculante.

Por último, se peletizaron agregándose cal dolomítica en exceso y girando el recipiente muy suavemente hasta que las semillas se despeguen una de la otra, dejándose secar durante veinte minutos a la sombra, para evitar que los pellets se descascaren, este proceso se realizó el mismo día de la siembra.



*Ilustración 10 Semillas de tomate (variedad Rio Grande)*

*Fuente: Autores, 2021*



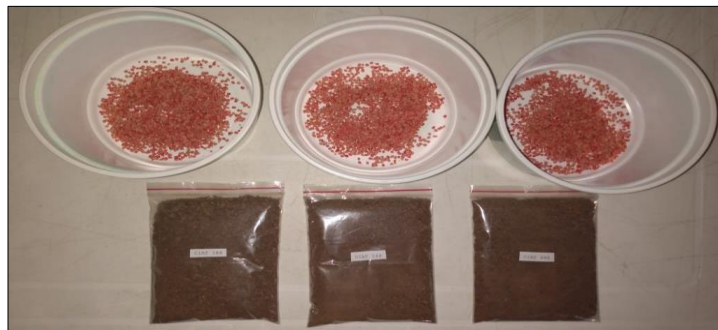
**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**

En las siguientes ilustraciones se muestra el cultivo de las Cepa No 1 CIAT 166, Cepa No 2 CIAT 144, Cepa No 3 CIAT 899 y Cepa No 4 nativa, como resultado del proceso de aislamiento, se inocularon con la especie *LYCOPERSICON ESCULENTUM*, más conocida como el tomate, utilizada específicamente la variedad denominada RIO GRANDE, puesto que tiene la característica de ser resistente al calor, la sequía, enfermedades, parásitos y el sol abierto.



*Ilustración 11 Manejo del inoculo y de la semilla*

*Fuente: Autores, 2021*



*Ilustración 12 Cepa No 1*

*Fuente: Autores, 2021*



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**



*Ilustración 13 Cepa No 2*

*Fuente: Autores, 2021*



*Ilustración 14 Cepa No 3*

*Fuente: Autores, 2021*



*Ilustración 15 Cepa No 4*

*Fuente: Autores, 2021*

*Tabla 9 Crecimiento vegetativo (cm) por cepas*

|                             | Días    |            | CEPAS |     |     |     |
|-----------------------------|---------|------------|-------|-----|-----|-----|
|                             |         |            | 1     | 2   | 3   | 4   |
| Crecimiento Vegetativo (cm) | 30 días | Tallo      | 10    | 14  | 12  | 8   |
|                             |         | Largo hoja | 2     | 3   | 3   | 3   |
|                             |         | Ancho Hoja | 1     | 2   | 2   | 1,5 |
|                             | 45 días | Tallo      | 11    | 15  | 13  | 16  |
|                             |         | Largo hoja | 3     | 4,5 | 3,5 | 3,4 |
|                             |         | Ancho Hoja | 1,6   | 2,2 | 2   | 2   |
|                             | 70 días | Tallo      | 30    | 39  | 16  | 34  |
|                             |         | Largo hoja | 7     | 7   | 3,5 | 7   |
|                             |         | Ancho Hoja | 3     | 3   | 3   | 4   |
|                             | 90 días | Tallo      | 33    | 45  | 18  | 40  |
|                             |         | Largo hoja | 8     | 10  | 3,5 | 8   |
|                             |         | Ancho Hoja | 3,5   | 4,5 | 3,5 | 4,2 |

*Fuente: Autores, 2021*



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**

En la tabla 11 se observa el crecimiento vegetativo que tuvieron las 4 cepas a lo largo de la duración del proceso de investigación dado por 30, 45, 70 y 90 días, posterior al proceso de germinación de las plantas; se ubicaron en lugares que no estuvieran expuestas a temperaturas mayores a 30°C, pero de igual manera que tuvieran la llegada de Radiación solar, realmente importante para el proceso de crecimiento de las especies.



**Universidad  
Popular del Cesar**

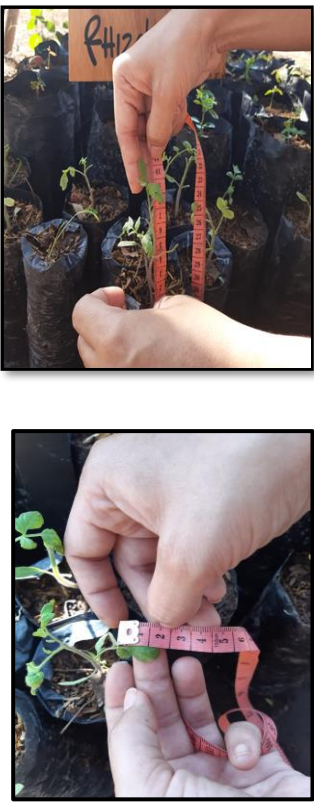
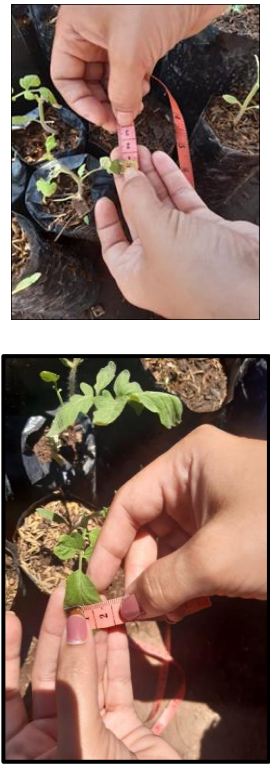
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**

*Tabla 10 Registro fotográfico del Crecimiento vegetativo de la cepa vs Tiempo*

| Registro fotográfico | Cepa No 1 | Días                                                                               |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                      |
|----------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                      |           | 30 días                                                                            | 45 días                                                                             | 70 días                                                                              | 90 días                                                                              |
|                      |           |  |  |  |  |



Universidad  
Popular del Cesar

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA



LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS

Cepa No 2





**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**

**AMBIENTAL Y SANITARIA**

**Cepa No 3**





**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**

**Cepa No 4**

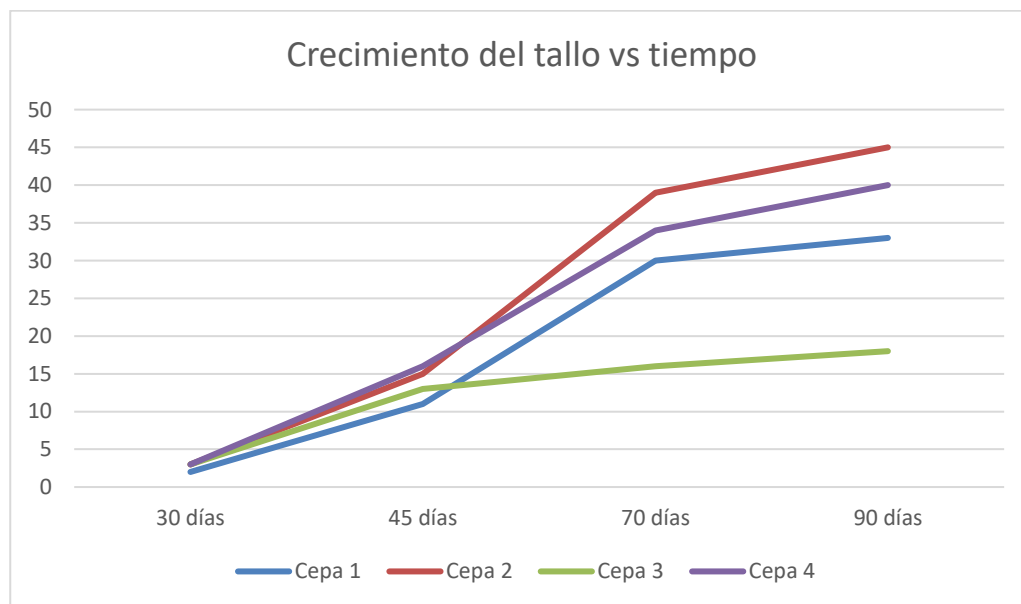


*Fuente: Autores, 2021*



En la tabla 11 se observa un registro fotográfico, de las diferentes cepas, con el paso del tiempo que permite observar cómo se fue dando la medición y crecimiento de las plantas.

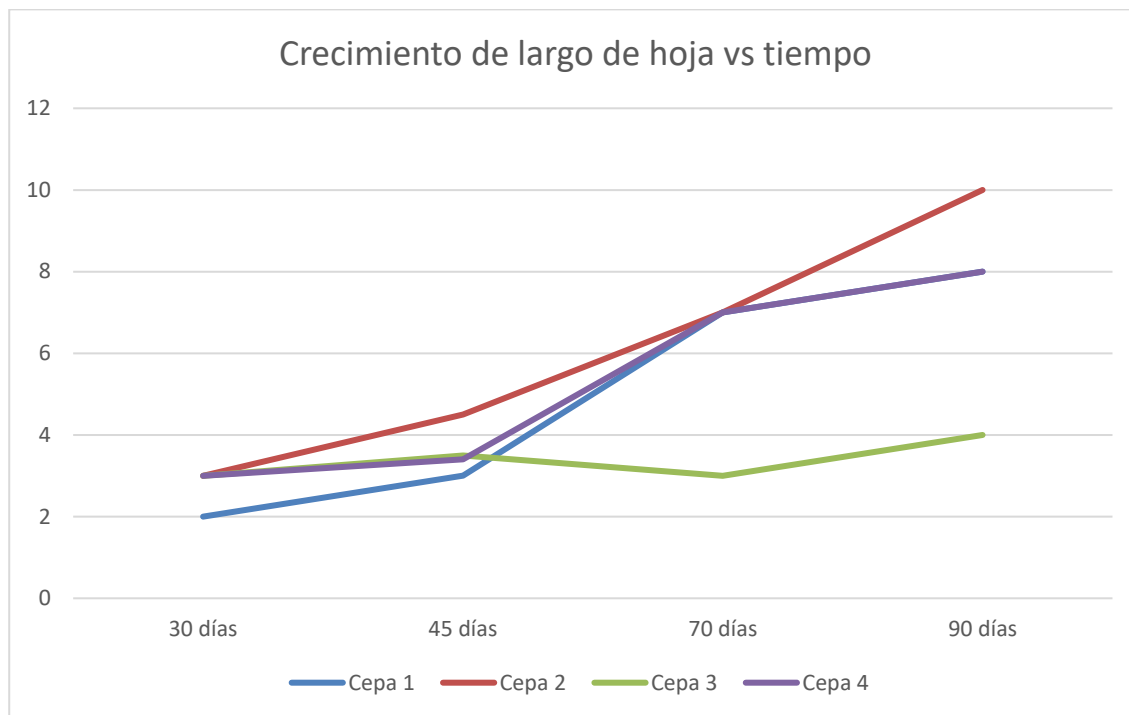
La medición se dio a los 30, 45, 70 y 90 días respectivamente, a los parámetros de Altura del tallo, tomada desde la base de la planta hasta la parte más alta, el largo y ancho de las hojas.



*Gráfico 9 Representación Gráfica del crecimiento del tallo vs tiempo*

*Fuente: Autores, 2021*

En el grafico 9 se observa el crecimiento gradual de la altura del tallo en las diferentes cepas, pero destaca que la Cepa No 2 CIAT 144 tuvo un mayor crecimiento, con el inicial de 14 cm a los 30 días y al finalizar los 90 días una altura de 45 cm, a comparación de la Cepa No 3 CIAT 899, que a pesar de que tuvo una buena altura inicial de 12 cm, finalizo a los 90 días con 16 cm, muy baja a comparación de las otras cepas.

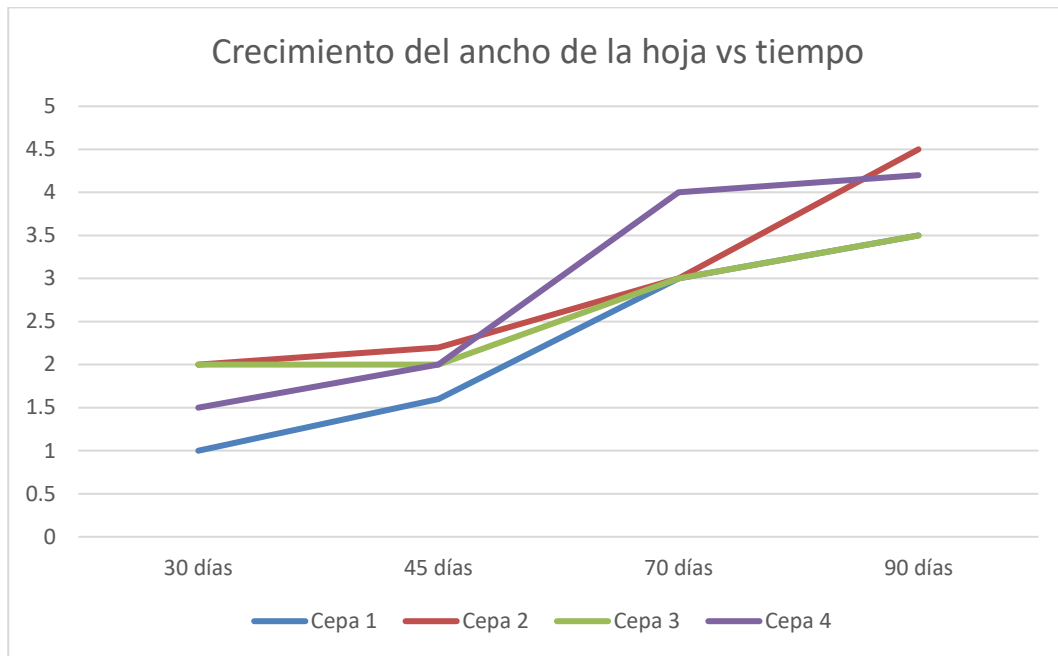


*Gráfico 10 Representación Gráfica del crecimiento del largo de la hoja vs tiempo*

*Fuente: Autores, 2021*

En el análisis del crecimiento del largo de la hoja ocurre un fenómeno en la cepa No3 la cual, a diferencia de las otras cepas, no hubo crecimiento, debido a las medidas constantes que presentó en el largo de las hojas a partir de los 45 hasta los 90 días quedando en 3,5cm, obteniendo resultados no satisfactorios a lo largo de la investigación.

La Cepa No 1, No 2 y No 4 presentaron un crecimiento exponencial en el largo de las hojas durante el cultivo, mostrando un adecuado crecimiento de la especie, pero se destaca la Cepa No 2 que al término de los 90 días siguió manteniendo ese amplio ritmo de crecimiento.



*Gráfico 11 Representación Gráfica del crecimiento del ancho de la hoja vs tiempo*

*Fuente: Autores, 2021*

En la gráfica 11 se observa el comportamiento de las mediciones de crecimiento del ancho de la hoja en los diferentes tiempos, se observa que la Cepa No 3, a pesar de que en los atributos anteriores no presenta el crecimiento ideal, en este parámetro, cumplió con el promedio en general y la Cepa No 4 por darse el mayor crecimiento de los 45 a 70 días, al término de 90 días se mantuvo un crecimiento más bajo a comparación de termino pasados.

A manera de conclusión general, las diferentes mezclas de enmienda orgánica, con el uso de cepas de *Rhizobium*, se muestra que si ha tenido una influencia en el crecimiento de los atributos de las plantas; lo que demuestra que, si existe un impacto frente, a las características fisicoquímicas del suelo de estudio.



### **6.3. Etapa 3: Evaluar la eficiencia de las diferentes cepas de Rhizobium como enmienda biológica en el suelo degradado.**

#### **➤ *Análisis fisicoquímico de las condiciones finales del suelo***

En la fase final de la investigación, se procedió a realizar el análisis de los parámetros fisicoquímicos finales, frente a una comparativo, de los resultados obtenidos antes del proceso de inoculación y restauración; en la tabla 12 se muestran los diferentes parámetros y los respectivos valores.

*Tabla 11 Resultado parámetros fisicoquímicos iniciales y finales del suelo*

| <b>Parámetro</b>        | <b>Variable</b> | <b>Inicial</b> | <b>Final</b> |
|-------------------------|-----------------|----------------|--------------|
| <b>Limo</b>             | L%              | 38             | 18           |
| <b>Arcilla</b>          | Ar %            | 49             | 20           |
| <b>Arena</b>            | A%              | 13             | 62           |
| <b>pH</b>               | pH              | 7              | 7,7          |
| <b>Humedad</b>          | Pw              | 2,46           | 1,52         |
| <b>Materia Orgánica</b> | MO              | 2,14           | 3,49         |
| <b>Nitrógeno total</b>  | N               | 0,15           | 3            |
| <b>Carbono Orgánico</b> | CO              | 1,24           | 0,84         |
| <b>Calcio</b>           | Ca              | 10,77          | 10           |
| <b>Magnesio</b>         | Mg              | 5,02           | 2,69         |
| <b>Potasio</b>          | K               | 0,5            | 5,4          |
| <b>Fósforo</b>          | P               | 11,52          | 42,81        |

*Fuente: Autores, 2021*

Para poder identificar la viabilidad, de este tipo de estrategia de restauración del suelo, es claramente indispensable conocer que comportamiento tendrán los parámetros al finalizar el proceso, es decir, serán los indicadores de eficiencia.

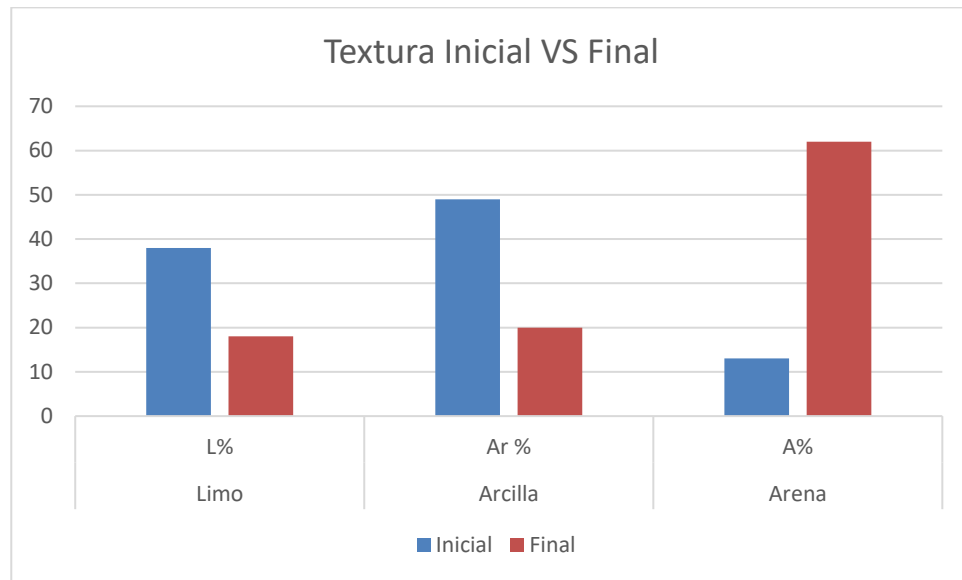


Gráfico 12 Textura Inicial vs Final

Fuente: Autores, 2021

La primera característica al evaluar será la textura; inicialmente como se muestra en la gráfica 12, los porcentajes de Ar correspondían a un 49%, dándole la característica de un suelo arcilloso, con características de una alta retención de agua, pero baja movilidad de nutrientes; es decir, no contaba con los valores adecuados; en este caso observamos en los resultados finales que presentan un porcentaje del 20%, una gran diferencia con respecto a los primeros valores.

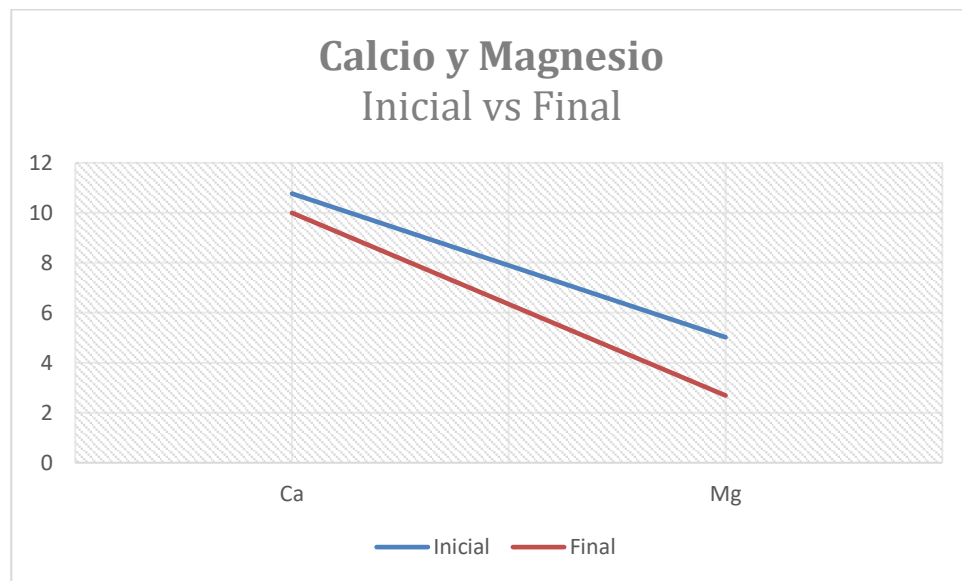
Tabla 12 Características de los suelos arcillosos, francos y arenosos

| Suelo arcilloso<br>(>30% arcilla)                                                                                                                                                                                                  | Suelo franco<br>(10-30% arcilla)                                                                                                                                                                         | Suelo arenoso<br>(<10% arcilla)                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Retienen el agua y los nutrientes con fuerza.</li><li>- Suelos encharcados y mal aireados.</li><li>- Difícil drenaje y labranza.</li><li>- Apelmazamiento, formación de costras.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Adecuada retención de agua y nutrientes.</li><li>- Buena aireación.</li><li>- Buena penetración de raíces.</li><li>- Se trabajan con poca resistencia.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Retiene poca humedad y tienden a secarse.</li><li>- Poseen baja fertilidad y necesitan aportes de elementos orgánicos e inorgánicos.</li><li>- Buena aireación.</li></ul> |

Fuente: (Andrades & Martinez, 2001)



En este orden de ideas y teniendo en cuenta lo expuesto por Andrades & Martínez (2001), por el porcentaje de Arcilla se puede decir que se tiene un suelo franco, que tiende a tener mejor capacidad de retención de nutrientes y de aireación, de acuerdo con lo que se observa en la tabla 14, existe una mejoría considerable en la textura del suelo.



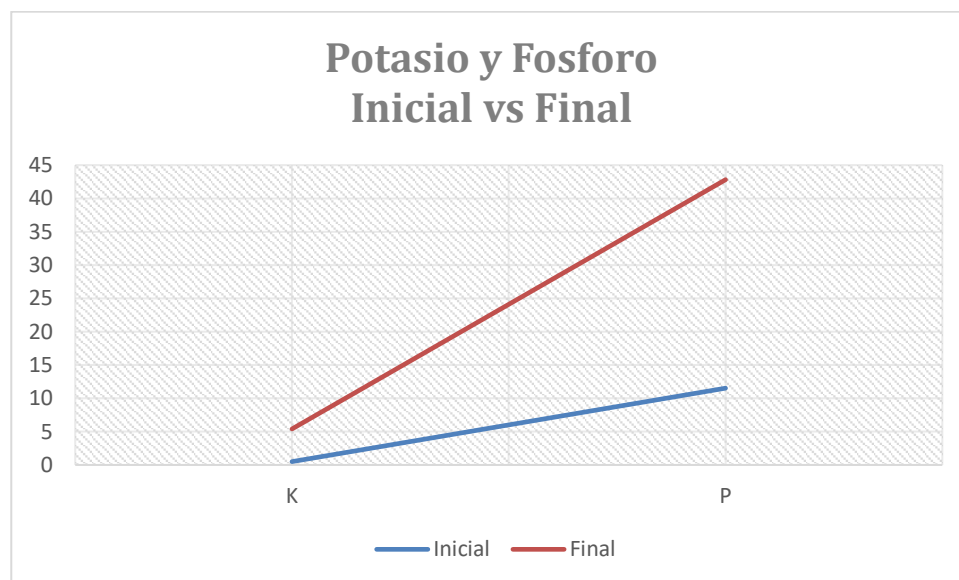
*Gráfico 13 Calcio y Magnesio Inicial vs Final*

*Fuente: Autores, 2021*

Al evaluar otros parámetros determinantes de la calidad del suelo, se encuentra el Calcio y el Magnesio, en la gráfica 13 se ilustra el comportamiento que tuvo inicial vs final, lo que deduce que el Ca no presentó grandes cambios, para ser más exactos se presentó en menor cantidad; al igual que el Mg, obteniendo una disminución esos valores, esto puede darse debido al requerimiento dado por la especie utilizada, lo que sería la explicación ideal por el comportamiento de estos valores.



Con respecto a la Humedad se ve claramente la disminución de 2,46% a 1,52%, lo que se buscaba debido a que inicialmente nos encontramos con un suelo arcilloso que tendía a tener una gran capacidad de acumulación de agua en su estructura y no satisface la necesidad de mejorar los procesos productivos del mismo suelo; por lo tanto, se resalta que este parámetro, presento una mejoría y es de esperarse debido al cambio físico mostrado por la estructura del suelo.



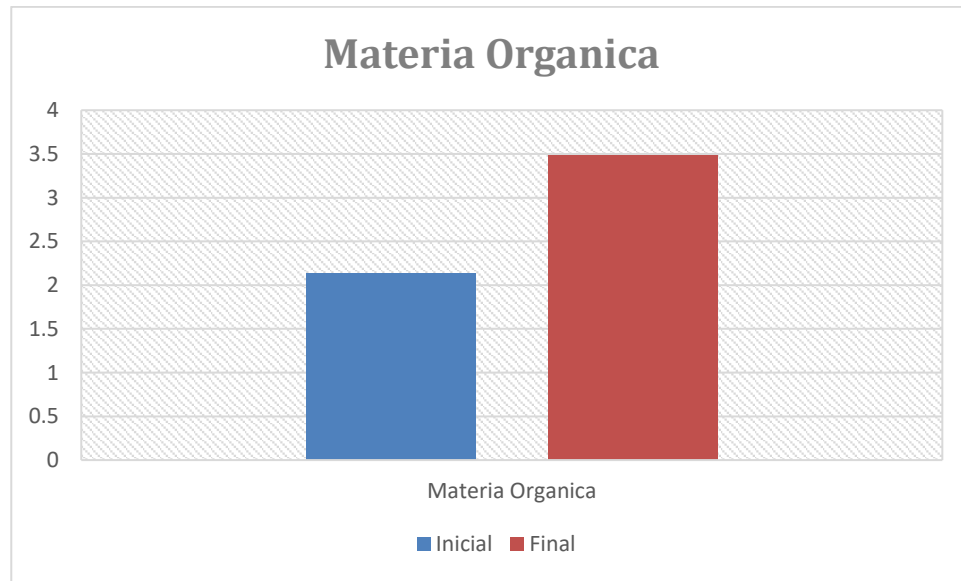
*Gráfico 14 Potasio y Fosforo Inicial vs Final*

*Fuente: Autores, 2021*

En el grafico 14 se hace la comparación de estos dos macronutrientes, que tienen una gran importancia en el crecimiento de las plantas; en el caso del K los valores no presentaron grandes diferencias en su porcentaje, pero para P si se observa una gran diferencia, para suelos francos lo recomendable es que los suelos contengan cantidades mayores a un 26%, lo que muestra que existió un proceso que permitió darse una mejor fijación de este mineral, lo que puede demostrar en parte que esta alternativa de recuperación, presenta una posibilidad de viabilidad técnica, a la hora



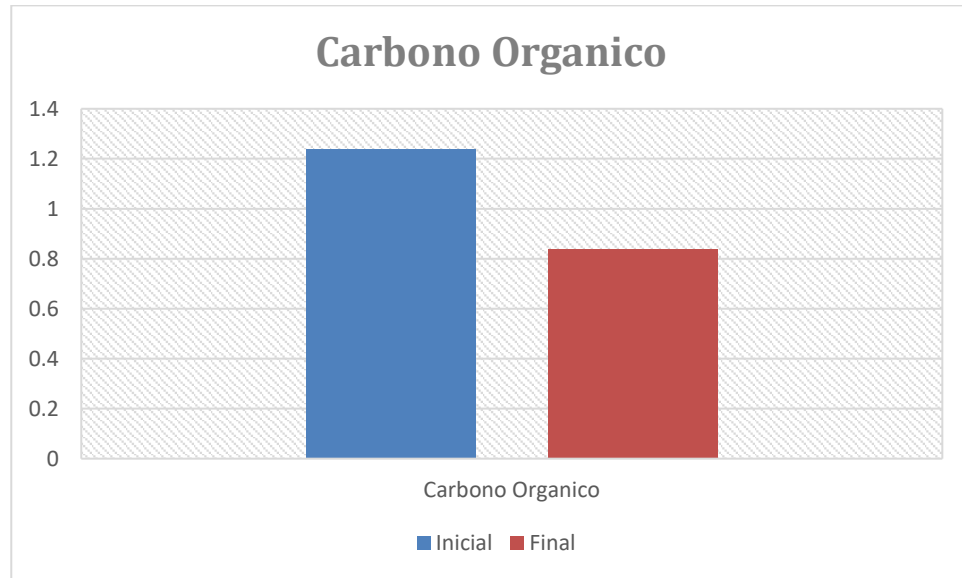
de mejorar las características de los suelos y es de suma importancia para la nodulación y la FBN.



*Gráfico 15 Materia Orgánica Inicial vs final*

*Fuente: Autores, 2021*

Se encuentra otro parámetro de relevancia, la Materia Orgánica, se presentó un aumento de su cantidad en el suelo, pasando de valores de 2,14 a 3,49; encontrándose entre los rangos ideales para suelos cultivables, en el grafico 15 se observa el aumento de la cantidad de este parámetro en el suelo, la MO es una mezcla de diferentes componentes, que en cantidades realmente es una fracción pequeña, pero que el efecto en la estructura es clave para mantener una fuente de nutrientes para las especies y la energía necesarias para los procesos desarrollados por los microorganismos.



*Gráfico 16 Carbono Orgánico Inicial vs final*

*Fuente: Autores, 2021*

El carbono orgánico al observar el grafico 16 se muestra que los valores finales presentaron un descenso de 1,24 a 0,84; ubicando el suelo, aun mas por debajo de las condiciones ideales que pueden ser hasta de 1,7; esto puede darse a que no se presentó una adecuada captura de este nutriente por parte del suelo, puesto que su cantidad depende en gran medida de la capacidad del suelo en el almacenamiento de materia orgánica, un valor muy relacionado con las condiciones de este parámetro.

En este orden de ideas, se puede decir que los parámetros fisicoquímicos del suelo de estudio, en general presentaron cambios positivos y significativos; a pesar de que esto no es lo único determinante a la hora de evaluar la eficiencia de alguna alternativa para recuperar el suelo, se destaca que el uso de esta cepa por medio de enmienda orgánica si permitió mejorar la textura y estructura del suelo,



físicamente y químicamente se presentó un aumento representativo de MO y del macronutriente P, siendo de gran importancia en la fertilidad de los suelos.

➤ ***Nitrógeno total (%).***

Seleccionado como uno de los indicadores para determinar la eficiencia del proceso, al buscar los valores entregados por el Laboratorio de Universidad Nacional de Colombia- Sede Medellín, el suelo presentó un valor de 3,0 % en los análisis finales, este parámetro permite determinar todas las formas de Nitrógeno en el suelo (orgánico e inorgánico), es de vital importancia por el papel que cumple en los procesos de nutrición de las plantas.

Este valor me representa las cantidades totales de N, pero no determina cuanta cantidad de este puede ser tomado por el cultivo, ya que las plantas pueden absorber el N inorgánico; para este suelo los valores ideales deberían ser un poco más altos.

Dentro de la investigación, se debe tener en cuenta factores externos que afectan la disponibilidad de este nutriente; como fue en este caso en particular, la alta humedad del suelo, la textura del suelo que inicialmente presentó una textura muy arcillosa, disminuyendo los procesos microbiológicos, además de la vegetación, material parental, topografía, cantidad de materia orgánica, actividad del hombre etc.

Las deficiencias de este nutriente se evidencian por reducciones en el crecimiento de las plantas.



### ➤ **Nodulación**

Se ha considerado en otras investigaciones como la cepa *Rhizobium* puede generar un adecuado crecimiento en diferentes especies, debido a que estas bacterias se caracterizan por su habilidad de facilitar directa o indirectamente el desarrollo de la raíz y del follaje de las plantas. La estimulación indirecta del crecimiento de plantas incluye una variedad de mecanismos por los cuales la bacteria inhibe la acción fúngica sobre el crecimiento y desarrollo de la planta (Hassan et al., 1997; Essalmani & Lahlou, 2003). Mediante esta investigación se buscó evaluar el comportamiento de la planta de Tomate del género Rio Grande, bajo esta premisa y los efectos hacia la recuperación de los suelos; obteniendo como resultado que no fue posible la fijación biológica del nitrógeno con plantas no leguminosas al no presenciar nódulos, debido a que estos microorganismos (*Rhizobium*) no forman una asociación simbiótica con la planta, permitiendo concluir que su accionar, se produce alrededor del área de las raíces (rizósfera), produciendo sustancias promotoras del desarrollo radicular.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos anteriores, se evidencio que hay poca fijación de nutrientes como el Potasio el cual juega un papel muy importante en el proceso de FBN, por su efecto osmorregulador en la planta y por su efecto directo en la nodulación, el Calcio que es importante en la FBN no solamente por su importante papel en el fortalecimiento y en el mantenimiento de la integridad de las paredes celulares, sino también por su papel coadyuvante en la movilización del P en las células, cuando las concentraciones de calcio en el suelo son bajas, la producción de nódulos se retarda generando nódulos poco firmes e ineficientes, los suelos con textura extrema (arenosa o arcillosa) afectan la sobrevivencia de las bacterias fijadoras, las siembras en condiciones secas



provocan la mortandad de bacterias y disminuyen la posibilidad de lograr una nodulación apropiada, estos son factores que implican mucho en este proceso.

### ➤ **MATERIA SECA**

La determinación del contenido en MS de una muestra consiste en provocar la evaporación del agua presente en la misma, y luego por gravimetría estimar el porcentaje de este componente (Ferret 2003). Tradicionalmente se cuenta con un método de determinación que consiste en someter la muestra a un secado en estufa de ventilación forzada a 100°C durante 24 horas, a 105°C durante 16 horas o a 135°C durante 2 horas (AOAC 1990).

Luego de nueve semanas de cultivo en los diferentes tratamientos se evaluó la producción de biomasa radicular para cada uno de los mismos. (Grafico 17).

#### **Cepa No 1**

-Secado de 105°C durante 16 horas

-Materia fresca (p):100 g

-Materia Seca (p'): 40 g

$$ms (\%) = \frac{p'}{p} * 100$$

$$ms (\%) = \frac{40 g}{100 g} * 100$$

$$ms (\%) = 40\%$$



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**

### **Cepa No 2**

-Materia fresca (p):180 g

-Materia Seca (p'): 80 g

$$ms (\%) = \frac{p'}{p} * 100$$

$$ms (\%) = \frac{80 \text{ g}}{180 \text{ g}} * 100$$

$$ms (\%) = 44\%$$

### **Cepa No 3**

-Materia fresca (p):120 g

-Materia Seca (p'): 50 g

$$ms (\%) = \frac{p'}{p} * 100$$

$$ms (\%) = \frac{50 \text{ g}}{120 \text{ g}} * 100$$

$$ms (\%) = 41,67\%$$

### **Cepa No 4**

-Materia fresca (p):185 g

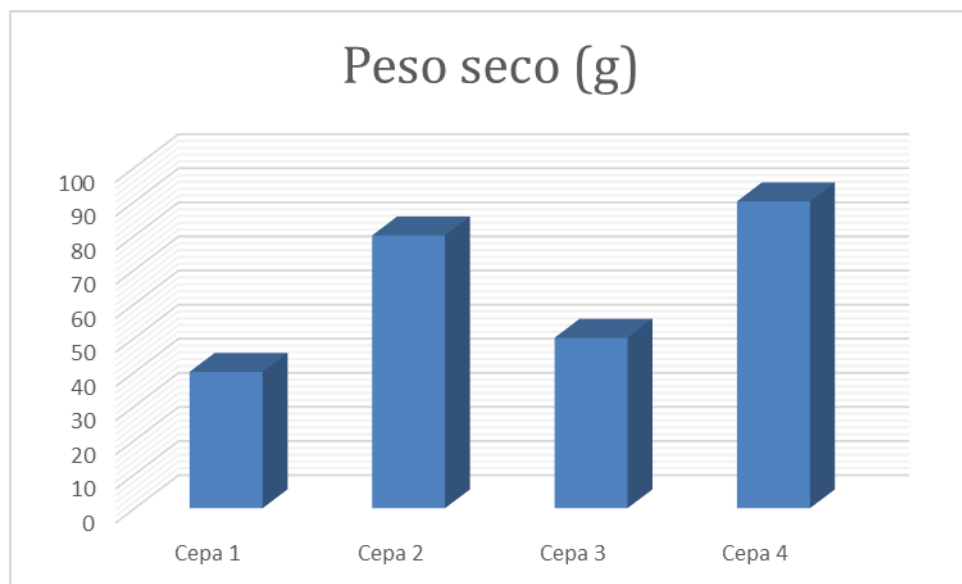
-Materia Seca (p'): 90 g



$$ms (\%) = \frac{p'}{p} * 100$$

$$ms (\%) = \frac{90 \text{ g}}{185 \text{ g}} * 100$$

$$ms (\%) = 48,65\%$$



*Gráfico 17 Peso seco por Cepa*

*Fuente: Autores, 2021*

En el grafico 17 encontramos el comparativo de la cantidad de Peso seco (g), posterior al proceso de cultivo, se expresó para cada Cepa de estudio, la Cepa No 4 Nativa tuvo un peso seco de 90 g, presentando la mayor cantidad a comparación de las otra cepas, siguiendo la Cepa No 2 con 80 g, donde se destaca que el crecimiento vegetal, de los atributos para este tratamiento, presentaron el mejor comportamiento frente a las otras cepas y tratamientos, siendo superior al tratamiento de la Cepa Nativa.



➤ ***Rendimiento de frutos por plantas***

Este parámetro en particular a evaluar, no presento los resultados esperados en general por las 4 cepas inoculadas con la semilla de *LYCOPERSICUM ESCULENTUM*, por motivo de condiciones de fuerza mayor (confinamiento por contagio de Covid-19) el cual no se le pudo dar asistencia técnica en los últimos días del cultivo, sumado a las condiciones ambientales y condiciones locales transcurridas en ese momento para continuar con el proceso, que no fueron favorables para la formación de los frutos y así obtener la cosecha y evaluar el rendimiento de frutos por plantas.

En cuanto a el rendimiento en los cultivos de tomate son variables y dependientes del suelo, por su capacidad de suministro de N por mineralización y de la presencia o no de bacterias capaces de fijar  $N_2$  proveniente de cultivos anteriores, debido a que este incremento en su mayor totalidad se da por la mayor disponibilidad de Nitrógeno en el cultivo dado por la asociación simbiótica planta-rhizobium, exceptuada en esta investigación; esto demuestra que es de vital importancia seguir realizando estudios encaminados a conocer a profundidad el comportamiento de estos suelos.



➤ **Efectividad de la inoculación**

Las bacterias de rhizobium presentaron efecto estimulante sobre las semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum*), resultando en una mejor germinación, posiblemente debido a la habilidad de los rizobios para producir hormonas como el ácido indol acético, ácido giberélico y citoquininas, sustancias reguladoras que estimularon el crecimiento de las plantas de tomate. Además, se observaron diferencias significativas entre cepas y el control. Las semillas inoculadas con las cepas CIAT 166, CIAT 144, CIAT 899 presentaron un 80% de germinación, superadas significativamente al control que presentó 100% de germinación, debido a que estas venían tratadas con fungicidas además que las cepas necesitan un tiempo de adaptabilidad.

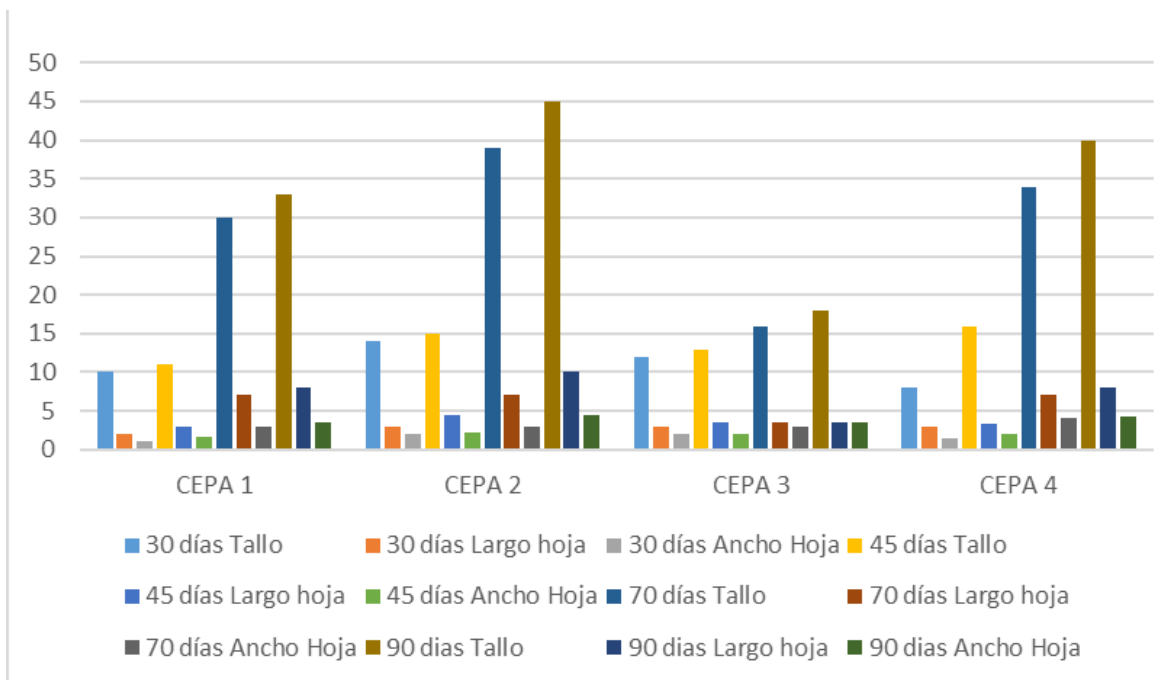


Gráfico 18 Comparación efectividad de la inoculación

Fuente: Autores, 2021



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**

Los resultados obtenidos muestran el efecto positivo de la aplicación de las cepas de Rhizobium a las semillas de tomate, tomando como variables de respuesta la longitud de las plantas (tallo y hojas) que obtuvieron cambios significativos entre tratamientos y el peso seco del sistema radicular. Se observó que el tratamiento con la cepa No 2 superó al tratamiento No 4 (Nativa) es decir sin inoculante, los resultados mostraron menor efectividad en la producción de biomasa radicular en el tratamiento de cepa No 1 y No 3; además se encontró un mayor rendimiento en las variables de respuesta No 2 y No 4. Sin embargo, dos de los tres microorganismos aplicados individualmente presentan resultados promisorios para la aplicación en cultivos agrícolas de ciclo corto.

**Tabla 13 Cronograma de actividades**

[illegible]



**AMBIENTAL Y SANITARIA**



*Fuente: Autores, 2021*



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**

## **7. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.**

**Tabla 14 Costos directos e indirectos del proyecto**

| <b>COSTO DIRECTO</b>        |                 |                      |                 |                    |
|-----------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|--------------------|
| <b>DESCRIPCION</b>          | <b>CANTIDAD</b> | <b>TIEMPO(MESES)</b> | <b>SALARIO</b>  | <b>COSTO TOTAL</b> |
| <b>DIRECTOR</b>             | 1               | 8                    | \$700000        | 5'600.000          |
| <b>ESTUDIANTES</b>          | 2               | 8                    | \$400000        | 6'400.000          |
| <b>AUXILIAR EN CULTIVOS</b> | 1               | 3                    | \$250000        | 750.000            |
|                             |                 |                      | <b>SUBTOTAL</b> | <b>12'750.000</b>  |

| <b>COSTO INDIRECTO</b>                    |                 |               |                         |                    |
|-------------------------------------------|-----------------|---------------|-------------------------|--------------------|
| <b>DESCRIPCION</b>                        | <b>CANTIDAD</b> | <b>UNIDAD</b> | <b>COSTOS UNITARIOS</b> | <b>COSTO TOTAL</b> |
| <b>TRANSPORTE, ESTADÍA, ALIMENTACION.</b> | 2               | \$            | \$600.000               | \$600.000          |
| <b>ESTUDIO ANALISIS DEL SUELO</b>         | 2               | GLOBAL        | \$500.000               | \$1.000.000        |
| <b>SEMILLAS DE TOMATE</b>                 | 100             | gr            | \$200.000               | \$200.000          |
| <b>ABONOS ORGANICOS</b>                   | 12              | Bultos        | \$200.000               | \$400.000          |



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**

|                                |    |               |                 |                   |
|--------------------------------|----|---------------|-----------------|-------------------|
| <b>HUMUS</b>                   | 5  | Bolsas<br>1kg | \$2.800         | \$14.000          |
| <b>MALLA PLASTICA</b>          | 4  | m             | \$30.000        | \$120.0000        |
| <b>ESTACAS PARA<br/>CERCAR</b> | 12 | U             | \$15.400        | \$184.800         |
|                                |    |               | <b>SUBTOTAL</b> | <b>2'518.800</b>  |
| <b>VALOR TOTAL DE COSTOS</b>   |    |               |                 | <b>15'268.800</b> |
| <b>IMPREVISTOS (10%)</b>       |    |               |                 | <b>1'526.880</b>  |
| <b>TOTAL PROYECTO</b>          |    |               |                 | <b>16'794.880</b> |

*Fuente: Autores,2021*



## **8. CONCLUSIONES**

En la investigación desarrollada del Estudio de diferentes cepas de *Rhizobium* como enmienda biológica en suelos degradados utilizando como indicador el tomate (*lycopersicum esculentum*) en el corregimiento de Valencia de Jesús-Cesar, se realizó primeramente un análisis de las condiciones fisicoquímicas iniciales del suelo, dando como resultado que se presentaba un suelo con altas fracciones de Arcilla en su estructura, dándole una textura de suelo Arcilloso, con alta retención de líquidos pero que afectaba el crecimiento biológico en el mismo; además se evidencia en otros parámetros como la Materia Orgánica valores por debajo de lo ideal, al igual que el Potasio y el Fosforo; a pesar de que presento un pH neutro.

De acuerdo con lo dicho en el párrafo anterior, se tenía un suelo que claramente presentaba un proceso de degradación, dado por malas praxis en el manejo de cultivos en esta zona ya simple vista los campesinos, ya habían notado una pérdida de fertilidad.

Teniendo en cuenta las características iniciales del suelo se procedió a realizar el aislamiento de la cepa de *Rhizobium*, se destaca que a pesar de que se contó con medio de cultivos y los nutrientes, para este proceso, existieron condiciones ambientales las cuales pudieron afectar la actividad de inoculación.

El proceso de aislamiento dio como resultado 4 cepas principales: Cepa No 1 CIAT 166, Cepa No 2 CIAT 144, Cepa No 3 CIAT 899 y Cepa No 4 nativa; se realizó la inoculación con la especie de tomate y se comenzó un seguimiento de 30, 45, 70 y 90 días respectivamente, para evaluar el crecimiento vegetativo de la altura del tallo, largo y ancho de la hoja, lo cual destaco a la Cepa No2 con valores mayores de



crecimiento a lo largo de la duración de investigación y la Cepa No 3 presento un bajo crecimiento.

Finalmente se evaluó la eficiencia de este tipo de recuperación, se determinó en el análisis fisicoquímico final, que mejoró considerablemente la textura del suelo, donde pasó de ser un suelo Arcilloso a un suelo Franco, en otros parámetros como Materia Orgánica aumentaron sus valores y entraron en rangos ideales, con respecto a los macronutrientes, solo destaca un aumento de las cantidades de Fosforo en el suelo y disminución de otro tipo de nutrientes; esto puede deberse a los requerimiento de los minerales por parte de esta especie, que tienden a ser altos para su desarrollo.

En términos generales las condiciones físicas del suelo mejoraron considerablemente, la evaluación del Nitrógeno total pasó de 0,15 a un 3%, el cual se encuentra cerca de los valores ideales, por lo tanto, frente a los procesos de fijación de N, no se puede determinar como la mejor medida a utilizar.

A modo de conclusión general es necesario seguir generando investigaciones encaminadas al conocimiento de las condiciones del suelo para este tipo de zonas, que tiene grandes áreas cultivables y por lo general la mala práctica, de la comunidad ocasiona que a largo plazo se dé un detrimento del suelo; siendo de vital importancia capacitar a estas poblaciones, además se busca sustituir el empleo de abonos químicos por microorganismos beneficiosos que le suministren tanto a la planta como al suelo los nutrientes necesarios.



## **9. RECOMENDACIONES**

- Generar espacios para la capacitación y concientización de las comunidades del corregimiento de Valencia de Jesús, acerca del uso adecuado del suelo.
- Incentivar investigaciones encaminadas a la recuperación del suelo, por medio de estrategias con alta viabilidad técnica y económica.
- Las entidades territoriales deben involucrarse en las problemáticas sociales que viven las comunidades campesinas que afectan también su calidad de vida.
- Se debe evaluar a profundidad la estructura de los suelos en estas áreas de influencia, con alta presencia de arcillas y que retienen los procesos microbiológicos del suelo.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- DiCYT. (2012). *Dos cepas de bacterias aumentan la producción y la calidad de tomates y pimientos*. Universidad de Salamanca.
- (SINC), E. S. (2012). Dos cepas de bacterias aumentan la producción y la calidad de tomates y pimientos. *SINC, LA CIENCIA ES NOTICIA*.
- Andrades, M., & Martinez, M. (2001). *Fertilidad del suelo y parametros que la definen*. Universidad de la Rioja.
- Calvo, S. (2011). Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. 173-186.
- Cuadrado, B., Rubio, G., & Santos, W. (2009). Caracterización de cepas de Rhizobium. Cartagena: Grupo de Investigación en Microbiología y Sistemas Simbióticos, Departamento de Farmacia. *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas*, 38(1).
- Mora, L. (2005). *Caracterización a nivel genetico y molecular de la produccion de bacteriocina por Rhizobium Leguminosarum bv, viciae Cepa Z25*. Universidad de Granada.
- Ramirez, R. (1997). *Propiedades Fisicas, Quimicas y biologicas de los suelos*. FENALCE.
- Santillana, N., Arellano, C., & Zúñiga, D. (2005). CAPACIDAD DEL Rhizobium DE PROMOVER EL CRECIMIENTO EN PLANTAS DE TOMATE. LIMA-PERU: ECOLOGIA APLICADA . *Ecología Aplicada*, 47-51.
- Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas. (2019). *Solanum lycopersicum*. Obtenido de Argentina.Gob.Ar:  
<https://www.sinavimo.gob.ar/taxonomy/term/1989>



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS**

Wang, T., Martínez, J., & López, I. (2012). *Rhizobium y su destacada simbiosis con plantas*. Universidad Nacional Autónoma de México.



## ANEXO 1. Análisis fisicoquímico inicial

**Macroproceso: Gestión de Laboratorios Proceso:**  
**Gestión de Laboratorios**  
**Título del formato: Informe de Resultados**

| Informe de Resultados | Estado     |
|-----------------------|------------|
| 0021                  | DEFINITIVO |



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA**

| Información del Cliente                 |  |                                                        |  | Cotización No.         | No. S-P21-0813 |
|-----------------------------------------|--|--------------------------------------------------------|--|------------------------|----------------|
| Cliente/Empresa                         |  | NIT/D.I                                                |  | Fecha Informe          |                |
| Loraine Angelica Fajardo Vargas         |  | 1065816896                                             |  | 2020-12-15             |                |
| Contacto                                |  | Email                                                  |  | Análisis de:           |                |
| Loraine Angelica Fajardo Vargas         |  | lofefajardo_17@hotmail.com, langelicafajardo@gmail.com |  | SUELOS                 |                |
| Dirección Cliente                       |  | Referencia ubicación muestras                          |  | Municipio/Departamento |                |
| Diagonal 21BI5 # 4 H - 102, VALLEDUPAR, |  | La Granja , Valencia de Jesus , M1                     |  | VALLEDUPAR, CESAR      |                |
|                                         |  |                                                        |  | Fecha de Recepción     | Fecha Análisis |
|                                         |  |                                                        |  | 2020-11-30             | 2020-12-14     |

| IDENTIFICACION MUESTRA<br>Código / Identificación Cliente |    | TEXTURA |    |     |     | %   |      |      |      |      | cmol(+)/kg |       |      |      | mg/kg |
|-----------------------------------------------------------|----|---------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------------|-------|------|------|-------|
|                                                           |    | A%      | L% | Ar% | CTx | pH  | pW   | MO   | CO   | N    | Al         | Ca    | Mg   | K    | P     |
| SP00120                                                   | M1 | 13      | 38 | 49  | Ar  | 7,0 | 2,46 | 2,14 | 1,24 | 0,15 | N.A.       | 10,77 | 5,02 | 0,50 | 11,52 |

Tener en cuenta: N.D.=No detectable N.C.=No cuantificable N.A.=No aplica

El laboratorio no es responsable del muestreo, las muestras son recibidas de conformidad como se establece en las "Condiciones del Servicio" y se procesan tal como se reciben. El laboratorio no es responsable de la validez de la información suministrada por el cliente, especialmente la información del cultivo y condiciones del suelo para el servicio de "Recomendaciones de manejo de la fertilidad del suelo". Este informe no podrá ser modificado. En caso de ser modificado se entenderá como un informe totalmente diferente al emitido por el Laboratorio de Suelos. El laboratorio no aplica declaraciones de conformidad. El responsable de liberar las recomendaciones de manejo de la fertilidad del suelo es el "Agrónomo".  
(Leer condiciones: <http://labsuelos.medellin.unal.edu.co/condiciones/>)

Autorización de resultados: Orlando Ruiz  
Coordinador de Laboratorio

### Información de Método

| Variable       |     | Unidad | LC | Método        |
|----------------|-----|--------|----|---------------|
| Limo           | L%  | %      | -  | NTC-6299-2018 |
| Arcilla        | Ar% | %      | -  | NTC-6299-2018 |
| Clase Textural | CTx | %      | -  | NTC-6299-2018 |
| Arena          | A%  | %      | -  | NTC-6299-2018 |

Lugar de realización de los análisis: Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín Laboratorio de Suelos Carrera 65 Nro. 59A – 110 Bloque 14 – 203.



Universidad  
Popular del Cesar

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA



LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS

Macroproceso: Gestión de Laboratorios Proceso:  
Gestión de Laboratorios  
Título del formato: Informe de Resultados

| Informe de Resultados | Estado     |
|-----------------------|------------|
| 0021                  | DEFINITIVO |



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

|                                  |    |            |   |                                                                                  |
|----------------------------------|----|------------|---|----------------------------------------------------------------------------------|
| pH                               | pH |            | - | NTC 5264-2018                                                                    |
| Humedad                          | pW | %          | - | NTC 1495-2013                                                                    |
| Materia Orgánica                 | MO | %          | - | NTC 5526-2007                                                                    |
| Carbono Orgánico                 | CO | %          | - | NTC 5403-2013                                                                    |
| Nitrógeno Total                  | N  | %          | - | Soil Survey Laboratory Methods Manual (Versión 03, 1996):2A1, 6B Metodo kjeldhal |
| Calcio                           | Ca | cmol(+)/kg | - | NTC 5349-2016                                                                    |
| Magnesio                         | Mg | cmol(+)/kg | - | NTC 5349-2016                                                                    |
| Potasio                          | K  | cmol(+)/kg | - | NTC 5349-2016                                                                    |
| Acidez Intercambiable (Aluminio) | Al | cmol(+)/kg | - | NTC 5263-2017                                                                    |
| Fósforo                          | P  | mg/kg      | - | Método interno                                                                   |

Lugar de realización de los análisis: Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín Laboratorio de Suelos Carrera 65 Nro. 59A – 110 Bloque 14 – 203.

Código: M.LSFC.FT.10.004.005

Versión 1

2 de 2



## ANEXO 2. Análisis fisicoquímico final

Macroproceso: Gestión de Laboratorios Proceso:  
Gestión de Laboratorios  
Título del formato: Informe de Resultados

| Informe de Resultados | Estado     |
|-----------------------|------------|
| 0238                  | DEFINITIVO |



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

| Información del Cliente                 |            |                                                        |  | Cotización No.     | No. S-P21-0996 |
|-----------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------|--|--------------------|----------------|
| Cliente/Empresa                         |            | NIT/D.I                                                |  | Fecha Informe      |                |
| Loraine Angelica Fajardo Vargas         |            | 1065816896                                             |  | 2021-04-13         |                |
| Contacto                                | Teléfonos  | Email                                                  |  | Análisis de:       |                |
| Loraine Angelica Fajardo Vargas         | 3153421662 | lolefajardo_17@hotmail.com,langelica.fajardo@gmail.com |  | SUELOS             |                |
| Dirección Cliente                       |            | Referencia ubicación muestras                          |  | Fecha de Recepción | Fecha Análisis |
| Diagonal 21B15 # 4 H - 102, VALLEDUPAR, |            | La Granja , El Cielo, M1                               |  | 2021-03-25         | 2021-04-12     |
|                                         |            | Municipio/Departamento                                 |  |                    |                |
|                                         |            | VALLEDUPAR, CESAR                                      |  |                    |                |

| IDENTIFICACIÓN MUESTRA<br>Código / Identificación Cliente |    | TEXTURA |    |     |      | %   |      |      |      |      | cmol(+) / kg |       |      |      |       | mg/kg |
|-----------------------------------------------------------|----|---------|----|-----|------|-----|------|------|------|------|--------------|-------|------|------|-------|-------|
|                                                           |    | A%      | L% | Ar% | CTx  | pH  | pW   | MO   | CO   | N    | Al           | Ca    | Mg   | K    | CICE  | P     |
| SP01184                                                   | M1 | 62      | 18 | 20  | FArA | 7,7 | 1,52 | 3,49 | 0,84 | 3,00 | N.A.         | 10,00 | 2,69 | 5,40 | 13,09 | 42,81 |

Tener en cuenta: N.D.=No detectable N.C.=No cuantificable N.A.=No aplica

El laboratorio no es responsable del muestreo, las muestras son recibidas de conformidad como se establece en las "Condiciones del Servicio" y se procesan tal como se reciben. El laboratorio no es responsable de la validez de la información suministrada por el cliente, especialmente la información del cultivo y condiciones del suelo para el servicio de "Recomendaciones de manejo de la fertilidad del suelo". Este informe no podrá ser modificado. En caso de ser modificado se entenderá como un informe totalmente diferente al emitido por el Laboratorio de Suelos. El laboratorio no aplica declaraciones de conformidad. El responsable de liberar las recomendaciones de manejo de la fertilidad del suelo es el "Agrónomo".  
(Leer condiciones: <http://labsuelos.medellin.unal.edu.co/condiciones/>)

Autorización de resultados: Orlando Ruiz  
Coordinador de Laboratorio

### Información de Método

| Variable       | Unidad | LC | Método        |
|----------------|--------|----|---------------|
| Limo           | L%     | %  | NTC-6299-2018 |
| Arcilla        | Ar%    | %  | NTC-6299-2018 |
| Clase Textural | CTx    | %  | NTC-6299-2018 |
| Arena          | A%     | %  | NTC-6299-2018 |

Lugar de realización de los análisis: Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín Laboratorio de Suelos Carrera 85 Nro. 59A – 110 Bloque 14 – 203.



Universidad  
Popular del Cesar

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA



LA ACREDITACIÓN ES  
EL COMPROMISO DE TODOS

**Macroproceso: Gestión de Laboratorios**  
**Proceso: Gestión de Laboratorios**  
**Título del formato: Informe de Resultados**

| Informe de Resultados | Estado     |
|-----------------------|------------|
| 0238                  | DEFINITIVO |



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

|                                             |      |            |   |                                                                                  |
|---------------------------------------------|------|------------|---|----------------------------------------------------------------------------------|
| pH                                          | pH   |            | - | NTC 5264-2018                                                                    |
| Humedad                                     | pW   | %          | - | NTC 1495-2013                                                                    |
| Materia Orgánica                            | MO   | %          | - | NTC 5526-2007                                                                    |
| Carbono Orgánico                            | CO   | %          | - | NTC 5403-2013                                                                    |
| Nitrógeno Total                             | N    | %          | - | Soil Survey Laboratory Methods Manual (Versión 03, 1996); 2A1.6B Método kjeldhal |
| Acidez Intercambiable (Aluminio)            | Al   | cmol(+)/kg | - | NTC 5263-2017                                                                    |
| Calcio                                      | Ca   | cmol(+)/kg | - | NTC 5349-2016                                                                    |
| Magnesio                                    | Mg   | cmol(+)/kg | - | NTC 5349-2016                                                                    |
| Potasio                                     | K    | cmol(+)/kg | - | NTC 5349-2016                                                                    |
| Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva | CICE | cmol(+)/kg | - | NTC 5268-2014                                                                    |
| Fósforo                                     | P    | mg/kg      | - | Método interno                                                                   |

Lugar de realización de los análisis: Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín Laboratorio de Suelos Carrera 65 Nro. 59A – 110 Bloque 14 – 203.

Código: M.LSFC.FT.10.004.005

Versión 1

2 de 2