



**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA**

**FAREM-CARAZO.**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS.**

**TRABAJO FINAL SEMINARIO DE GRADUACIÓN, PARA OPTAR A TÍTULO DE  
INGENIERIA AGRONOMICA.**

**Tema:**

**Evaluación de consorcio en fertilidad haciendo uso de inoculantes  
biológicos aplicados al cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En el  
*municipio Dolores-Carazo, durante el periodo de Apante ciclo productivo  
2023.***

**Autores:**

**Carné**

- |                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| 1) Br. Cecil Martina Mena Traña.      | 18908589 |
| 2) Br. Diana Massiell Ampié López.    | 18908622 |
| 3) Br. Lady Fabiola Castillo Medrano. | 18907148 |

**Tutora:**

- Ing. Mary Luz Solís Hernández.

**Asesor:**

- Ing. Yasser Zeledón Ortega.

**Jinotepe, enero 2024.**

## **Título**

## **Dedicatoria**

“Porque Jehová da la sabiduría y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia”

Proverbios 2.6

- Dedico este trabajo al superior Dios por darnos la oportunidad de finalizar nuestro proyecto con éxito, salud, abundancia y alianza.
- A nuestras familias por ser el motivo de superación y la fuente de apoyo espiritual, emocional, financiero y educativo que han permitido cumplir nuestras metas.
- A nosotras mismas por confiar en nuestro potencial para desarrollar habilidades y desafiar retos durante todo este proceso.

## **Agradecimiento**

“y todo lo que hacéis sea de palabra o de hecho, hacedlo todo en el señor Jesucristo, dando gracias por medio de el a DIOS el padre”.

Colosenses 3.17

A Dios, agradezco por tanto amor hacia nosotros, el cual nos sostiene y fortalece, para no renunciar a los anhelos, con fines constructivos, para enriquecer la tierra y multiplicar cosechas.

Gracias a nuestras familias por transmitirnos valores, deseos de superación y autosuficiencia, a través del esfuerzo, disciplina y desempeño profesional en el ámbito que amamos “La naturaleza “por mantener la confianza en nosotras, de ser un agente cambio ambiental: para el bienestar común.

Aprecio al personal de asesoría de la facultad (UNAN) a la docente Mary Luz Solís e institucional (GN-INTA) a los ing. Yasser Zeledón, Cesar Acevedo, Wilber Baltodano, Ricardo Bolaños, Rigoberto Munguía por darnos de su valioso tiempo, compartir su experiencia profesional, para mejorar la calidad de nuestro trabajo a través del principio metodológico de ser estudiantes autodidactas y apasionados con nuestra labor.

Agradezco a Ing. Katty Betancourt e Ing. Bosco Narváez como parte de la organización Good Neighbors una gran compañía con valores humanos y vocación de servicios por financiar nuestro proyecto. Lo cual nos impulsó alcanzar el eslabón del éxito de nuestra aspiración, que incluye el programa de los medianos productores.

Gracias a los capacitadores independientes por la experiencia adquirida adquisición de nuevos conocimientos tecnológicos mediante la capacitación y ejemplo del trabajo proactivo, aplicado a nuestro trabajo.

## **Opinión de la tutora**

El trabajo monográfico titulado **"Evaluación de consorcio en fertilidad haciendo uso de inoculantes biológicos aplicados al cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)"** presentado por los bachilleres **Lady Fabiola Castillo Medrano, Cecil Martina Mena Traña y Diana Massiell Ampié López** como requisito para obtener el título de Ingeniería Agronómica, cumple satisfactoriamente con las normativas establecidas por la UNAN Managua para esta modalidad de graduación.

Se destaca la coherencia entre el trabajo presentado y la estructura definida por la normativa, así como la alineación entre el problema de investigación, objetivos, hipótesis, contenido del trabajo, conclusiones y recomendaciones. Además, el trabajo presenta la rigurosidad científica requerida para este tipo de investigación.

Es importante destacar la aplicación sobresaliente de los conocimientos adquiridos por los bachilleres, evidenciando el grado de independencia, creatividad, iniciativa y desarrollo de habilidades.

El trabajo llevado a cabo por los bachilleres Castillo, Mena, y Ampié tiene un impacto regional significativo, especialmente para los pequeños productores, en particular para aquellos dedicados a la producción de frijol en la zona de estudio. Este proyecto ha permitido la evaluación del impacto del consorcio de microorganismos (Micorriza, Rhizobium y Bacterias solubilizadoras de fosfato), aplicados como inoculantes biológicos, como alternativa agroecológica para mejorar la productividad del cultivo del frijol, en la variedad "INTA Nutritivo" demostrando que es beneficioso como una alternativa agroecológica para mejora de los suelos.

Quiero reconocer y destacar el esfuerzo, la inversión, la entrega, la disposición, la paciencia y los logros obtenidos por los bachilleres, elementos que se reflejan claramente en la calidad del presente trabajo y que seguramente les permitirá coronar exitosamente su carrera profesional.

Ing. Lic. Mary Luz Solís Hernández

Tutora

## Resumen

La investigación tiene por objetivo, evaluar el efecto del consorcio de microorganismos (micorriza, Rhizobium, y bacterias solubilizadoras de fosfato) como inoculantes biológicos en el cultivo de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L), En el municipio Dolores-Carazo, durante el periodo de Apante ciclo productivo 2023.

El diseño experimental que se utilizó, fue diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA), los datos recopilados de las variables fisiológicas y reproductivas, se analizaron en el programa estadístico infostat y el método de Tukey, aplicando en el ANOVA, ajustando el nivel de confianza.

Las principales conclusiones son:

- En cuanto a las variables fisiológicas, se observó que la Micorriza alcanzó mayor altura de la planta, el consorcio de microorganismos contribuyó al mayor grosor del tallo y mayor número de hojas, aunque los análisis de ANDEVA no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos.
- En cuanto a las variables de rendimiento, el tratamiento testigo presentó la mayor cantidad de vainas por planta, aunque no hubo diferencias significativas entre consorcio y Bsf (Bacterias solubilizadoras de fosfato).
- Sin embargo, el rendimiento en quintales por manzana reveló que el testigo tuvo el mejor desempeño, seguido de cerca por consorcio y Rhizobium. Este resultado sugiere que, a pesar de no mostrar diferencias significativas en algunas variables, el consorcio y Rhizobium, pueden ofrecer un rendimiento competitivo en condiciones específicas, atribuible al peso del grano, número de plantas y número de granos por vaina.
- Además, se destaca la importancia del efecto de bloque en proporcionar ambientes diferenciales, que influyen el comportamiento de los tratamientos. Estos hallazgos ofrecen una perspectiva valiosa sobre el uso sostenible y eficiente de inoculantes biológicos en el cultivo de frijol,

destacando la necesidad de considerar factores específicos del entorno para optimizar los resultados.

- A pesar, de no ser económicamente viables, el consorcio puede considerarse beneficioso, desde el punto de vista agroecológico, debido a la efectividad del consorcio de microorganismos, combinado con cepas de bacterias solubilizadoras de fosfato, para mejorar la fijación de nitrógeno atmosférico, la absorción de nutrientes y, en consecuencia, estimular el desarrollo vegetal.

### **Palabras claves**

- **Micorriza:** Define la simbiosis entre un hongo (mycos) y las raíces (rhizos).
- **Rhizobium:** Bacteria que participa en procesos como en el ciclo de nutrientes carbono(C), nitrógeno (N) y fósforo (P).
- **BS-F:** Bacteria sulubilizadora de fosfato.
- **Consortio de microorganismos:** Dos o más grupos bacterianos que viven simbióticamente.

## INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
III. JUSTIFICACION .....	4
IV. OBJETIVOS.....	5
4.1. General:.....	5
4.2. Específicos: .....	5
V. ANTECEDENTES .....	6
6.1. El suelo .....	8
6.2. Generalidades del suelo .....	8
6.3. Componentes del suelo.....	8
6.4. Fertilidad del suelo .....	9
6.5. Nutrientes del suelo (Nitrógeno y Fosforo Potasio) .....	10
6.6. Propiedades Físicas químicas y biológicas del suelo .....	11
6.8. Indicadores químicos.....	18
6.8.1. Conductividad electrica.....	18
6.8.2. Ph del suelo .....	20
6.9. FACTORES CLIMATICOS.....	20
6.9.1. Humedad relativa.....	20
6.9.2. Punto de rocío.....	20
6.9.3. Presión .....	20
6.9.4. Transpiración .....	20
6.9.5. Evaporación.....	21
6.9.6. Precipitación.....	21
6.9.7. Escorrentía.....	21
6.9.8. Viento.....	21
6.10. Organismos del suelo .....	22
6.11. Microorganismos del suelo .....	22
6.12. Microorganismos promotores de crecimiento .....	23
6.13. Concepto de Peptona.....	23
6.14. Concepto de Inoculante Biológico .....	23

6.15.	Rizobium.....	24
6.16.	Micorrizas.....	24
6.18.	Principales mecanismos bacterianos de solubilización.....	25
6.19.	Consortios microbianos.....	25
6.19.1.	Ventajas de la utilización de consorcios microbianos.....	26
6.20.	Interacciones Planta-Inoculante-Suelo.....	26
6.21.	Efectos simbióticos entre microorganismos y plantas.....	27
6.22.	Efectos del uso de inoculantes en el cultivo de Frijol.....	27
6.23.	Consideraciones Económicas y Ambientales.....	28
6.24.1.	Origen Y Distribución.....	30
6.24.2.	Taxonomía.....	30
6.24.3.	Preparación del suelo.....	30
6.24.1.	Siembra.....	31
6.24.2.	Método de siembra.....	31
6.24.3.	Raleo.....	31
6.24.4.	Riego.....	32
6.24.5.	Fertilización.....	32
6.24.6.	Control de malezas.....	32
6.24.7.	Control de Plagas y sus enfermedades.....	33
6.24.8.	Enfermedades más comunes y su control.....	34
6.24.9.1.	Mustia hilachosa.....	34
6.24.9.2.	Tizón común o requema amarilla.....	34
6.24.9.3.	Antracnosis.....	34
6.24.9.4.	Mancha Angular.....	35
6.24.9.5.	Mosaico común (BCMV).....	35
6.24.9.6.	Mosaico Dorado (BGYMV).....	35
6.24.10.	Cosecha y Post cosecha.....	35
6.24.10.1.	Procedimiento para estimación de rendimiento por manzana.....	35
6.24.10.2.	Criterios para la determinación del periodo de cosecha.....	36
6.24.10.3.	Secado del follaje.....	36
6.24.10.4.	Aporreo.....	36
6.24.10.5.	Secado de Grano.....	36
6.25.	HIPOTESIS DE INVESTIGACION.....	37

<b>VII. DISEÑO METODOLOGICO .....</b>	<b>38</b>
<b>7.1. Materiales y métodos.....</b>	<b>38</b>
7.1.1. Ubicación.....	38
7.1.2. Microclima.....	39
<b>VIII. DISEÑO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>39</b>
8.1 Área de la parcela.....	40
8.2 Área útil.....	40
8.3 Área Total del ensayo.....	40
8.4 Tratamientos.....	41
<b>IX. Variables a medir.....</b>	<b>41</b>
9.1. Variables Fisiológicas.....	41
9.2. Variables de Rendimiento:.....	42
<b>X. MANEJO DE LA INVESTIGACION .....</b>	<b>44</b>
<b>10.1. Material Biológico y fertilizante.....</b>	<b>44</b>
10.1.2. Preparación de terreno .....	44
<b>XI. ANALISIS .....</b>	<b>46</b>
11.1. Análisis Estadístico .....	46
<b>XII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
<b>12.1. Efectos de los tratamientos según variables fisiológicas. ....</b>	<b>47</b>
12.1.1. Altura de la Planta .....	47
12.1.2. Diámetro del Tallo.....	49
12.1.3 Número de hojas .....	51
<b>12.2 Efecto de los tratamientos, según variables de rendimiento.....</b>	<b>53</b>
12.2.1 Peso de Biomasa total (g/m <sup>2</sup> ).....	53
12.2.2 Número de vainas/m <sup>2</sup> . ....	55
12.2.3 Peso de vainas (g /m <sup>2</sup> ).....	56
12.2.4 Peso de Biomasa (g/m <sup>2</sup> ).....	58
12.2.5 Número de Vainas / Planta.....	60
12.2.5 Número de granos / Vaina.....	62
• Análisis estadístico. ....	65
<b>13. CONCLUSIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>14. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>70</b>
<b><i>Bibliografía.....</i></b>	<b>72</b>

15. ANEXOS.....	78
ANEXO 1 Ilustraciones .....	78
1.1 Características edáficas del suelo.....	78
1.2 Factores Biológicos Suelo –Planta .....	80
1.3 Características del frijol.....	82
2.1 Características edáficas del experimento Análisis de suelo.....	90
2.2 Análisis estadísticos. ....	93
2.2.1 Variables fisiológicas.....	93
2.2.2 Variables Rendimiento.....	96
Diámetro del tallo (mm). ....	101

### INDICE TABLAS

Tabla 1 Tratamientos. ....	41
Tabla 2 Variables a medir. ....	43
Tabla 3 Inoculación de la semilla Phaseolus Vulgaris L. y tratamientos. ....	45
Tabla 4 Análisis de la varianza de la Altura de la planta.....	48
Tabla 5 Análisis de varianza Diámetro del tallo.....	50
Tabla 6 Análisis de varianza Número de hojas.....	52
Tabla 7 Análisis de varianza Biomasa total (g/m <sup>2</sup> ).....	54
Tabla 8 Análisis de varianza Número de vainas/m <sup>2</sup> . ....	56
Tabla 9 Análisis de varianza de Peso de vainas (g). ....	58
Tabla 10 Análisis de varianza Biomasa (g). ....	59
Tabla 11 Análisis de varianza de Número de vainas/planta. ....	61
Tabla 12 Análisis de varianza de número de granos/vainas. ....	63
Tabla 13 Análisis de presupuesto parcial. ....	66
Tabla 14 Análisis marginal. ....	67
Tabla 15 Resumen metereológico durante el ciclo del cultivo.....	87
Tabla 16 Resultados e interpretación de fertilidad de suelo. ....	90
Tabla 17 Aplicaciones de productos agroecológicos.....	92
Tabla 18 Altura de la planta. ....	93
Tabla 19 Suma de cuadrados Altura de la planta. ....	93
Tabla 20 Variable fisiológica Diámetro del tallo. ....	94
Tabla 21 Suma de cuadrados Diámetro del tallo. ....	94
Tabla 22 Variable fisiológica Número de hojas. ....	95
Tabla 23 Suma de cuadrados Número de hojas. ....	95
Tabla 24 Biomasa total.....	96
Tabla 25 Suma de cuadrados Biomasa total.....	96
Tabla 26 Número de vainas. ....	97
Tabla 27 Suma de cuadrados Número de vainas m <sup>2</sup> . ....	97
Tabla 28 Peso de vainas (g).....	98

<b>Tabla 29</b>	<b>Suma de cuadrado Peso de vainas (g)</b> .....	<b>98</b>
<b>Tabla 30</b>	<b>Peso de biomasa (g)</b> .....	<b>99</b>
<b>Tabla 31</b>	<b>Suma de cuadrados Biomasa (g)</b> .....	<b>99</b>

#### **INDICE GRAFICOS**

<b>Gráficos 1</b>	<b>Altura de la planta (cm)</b> .....	<b>101</b>
<b>Gráficos 2</b>	<b>Diametro de tallo</b> .....	<b>101</b>
<b>Gráficos 3</b>	<b>Número de hojas</b> .....	<b>102</b>
<b>Gráficos 4</b>	<b>Rendimientos qq/mz</b> .....	<b>102</b>

## Capítulo I

### I. INTRODUCCIÓN

La búsqueda constante de prácticas agrícolas sostenibles y eficientes se ha convertido en una prioridad en la agricultura moderna. La optimización de la productividad de los cultivos, sin comprometer la salud del suelo y del medio ambiente, ha llevado a la exploración de alternativas agroecológicas. En este contexto, el presente estudio se enfocó en la evaluación del consorcio de microorganismos, compuesto por Micorriza, Rhizobium y bacterias solubilizadoras de fosfato, como una alternativa prometedora para mejorar la fertilidad del suelo y aumentar el rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) de la variedad "INTA Nutritivo".

Los objetivos específicos de la investigación abordaron aspectos cruciales, desde el comportamiento de los microorganismos a lo largo del ciclo del cultivo hasta la comparación de su eficacia con la fertilización química tradicional. Se buscó demostrar la influencia positiva del consorcio en variables fisiológicas y de rendimiento, así como evaluar su viabilidad económica. Los resultados obtenidos, que se presentaran a continuación, ofrecen una visión detallada sobre el impacto del consorcio en el desarrollo del frijol, destacando su potencial como una estrategia agroecológica para incrementar la productividad de manera sostenible.

En las siguientes secciones, se detallan los hallazgos en relación con las variables fisiológicas, el rendimiento del cultivo y la evaluación económica, seguido de recomendaciones que apuntan a mejorar la aplicación práctica de esta alternativa agroecológica. Este estudio no solo contribuye al conocimiento científico sobre la aplicación de inoculantes biológicos en la agricultura, sino que también proporciona valiosas directrices para agricultores, investigadores y responsables de políticas interesados en promover prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector agrícola desempeña un papel fundamental en la seguridad alimentaria y nutricional a nivel nacional y global, y la optimización de los sistemas de cultivo es decisiva para aumentar la productividad y la sostenibilidad agrícola. En este contexto, el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) destaca por su importancia como fuente de proteínas y nutrientes en la dieta humana. Sin embargo, la productividad de este cultivo se ve afectada por diversos factores, siendo la fertilidad del suelo uno de los más significativos.

Aunque los fertilizantes químicos convencionales han sido ampliamente utilizados para mejorar la fertilidad del suelo y aumentar los rendimientos de los cultivos, su uso excesivo puede tener consecuencias ambientales negativas, como la contaminación del agua y la degradación del suelo (.ASOPROL, 2009). La dependencia de estos fertilizantes en la agricultura del frijol plantea la necesidad de encontrar soluciones sostenibles y eficientes que mejoren el rendimiento del cultivo sin comprometer la calidad del suelo y el medio ambiente.

En la búsqueda de alternativas sostenibles, los inoculantes biológicos han surgido como una posible solución para mejorar la fertilidad del suelo y promover un crecimiento saludable de las plantas. Estos productos contienen microorganismos beneficiosos, como bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrícicos, que establecen asociaciones simbióticas con las raíces de las plantas y contribuyen a la disponibilidad de nutrientes y al desarrollo de las mismas. Aunque hay evidencias de los beneficios potenciales de los inoculantes biológicos en la mejora de la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos, se requieren investigaciones más específicas para comprender su impacto en cultivos de frijol.

En este contexto, surge la necesidad de llevar a cabo una evaluación minuciosa de los efectos de los inoculantes biológicos en la fertilidad del suelo y el rendimiento del cultivo de frijol. Esta investigación busca responder preguntas clave, como la influencia de los inoculantes biológicos en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, la calidad de los sustratos para el crecimiento radicular y la productividad general del cultivo. Además, se debe considerar el aspecto económico, ya que la adopción

de inoculantes biológicos puede tener implicaciones en los costos de producción y la rentabilidad para los agricultores.

### III. JUSTIFICACION

En Nicaragua, el frijol genera más de 200 mil empleos directos e indirectos en la producción y comercialización porque se exporta a otros países de Centroamérica en forma de grano comercial y semilla. (MAG.INTA.IPSA, pág. 21)

La Interacción entre plantas y microbios puede contribuir a la salud y la productividad de los cultivos (Avila et al.2021). Los microorganismos de importancia agrícola representan una estrategia ecológica clave hacia el desarrollo integrado de prácticas, tales como manejo de nutrientes, entre otros, con miras a reducir el uso de productos químicos en la agricultura y mejorar el rendimiento (Calero & Rodriguez -Gonzales, 2022)

Según (Mahanty et al.,2017) La explotación de microorganismos como biofertilizantes se considera en cierta medida una alternativa a los fertilizantes químicos en el sector agrícola debido a su gran potencial para mejorar la producción de cultivos y la seguridad alimentaria (Mendoza.J, 2019).

Esta investigación está dirigida en la implementación de nuevas técnicas agrícolas para la producción del cultivo de frijol (*Phaseolus Vulgaris*) mediante la utilización de consorcios combinados (Bacterias y hongos) que permitan producir alimentos de calidad contribuyendo a la conservación del medio ambiente y biodiversidad natural.

La sostenibilidad agrícola es un aspecto fundamental para garantizar la producción a largo plazo del cultivo de frijol en Nicaragua, debido a su importancia económica y la generación de empleo en el país. La implementación de nuevas técnicas agrícolas, como el uso de consorcios combinados de bacterias y hongos, puede contribuir significativamente a la sostenibilidad de este cultivo. (MAG.INTA.IPSA.)

Es importante destacar que esta investigación también tiene como objetivo proporcionar información a los agricultores sobre las nuevas técnicas agrícolas sostenibles. A través de la difusión de los resultados y la transferencia de conocimientos de producción, reduciendo los costos y minimizando el impacto ambiental. (Mendoza, 2019).

## **IV. OBJETIVOS.**

### **4.1. General:**

- Evaluar el impacto del consorcio de microorganismos (Micorriza, Rhizobium y Bacterias solubilizadoras de fosfato), aplicados como inoculantes biológicos, como alternativa agroecológica para mejorar la productividad del cultivo de frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*), en la variedad "INTA Nutritivo".

### **4.2. Específicos:**

- Demostrar el comportamiento de microorganismos, fijadores nitrógeno y solubilizadores de fósforo, durante el ciclo vegetativo y reproductivo del cultivo de frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*).
- Comparar el efecto del tratamiento más eficiente, versus la fertilización química en el rendimiento del frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*).
- Determinar la viabilidad económica y la rentabilidad asociada al uso del consorcio de inoculantes biológicos en el cultivo de frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*), considerando costos de producción y beneficios económicos directos.

## V. ANTECEDENTES

Con el tiempo se han realizado diversos estudios de consorcios microbianos que se pueden entender como la combinación de microorganismos benéficos, algunos de ellos son: fitoestimulantes, biofertilizantes y agentes de biocontrol. El consorcio de rizobacterias, tuvo efectos positivos en el rendimiento de Pepino (*Cucumis Sativus*) en condiciones de agricultura protegida, por lo que el uso de estos insumos podría ayudar a incrementar la productividad en este sector. (Moreno.E.N, 2016)

Según (Mendoza.J, 2019) efectuaron la investigación orientada al aislamiento e identificación morfológica y molecular de microorganismos nativos de Nicaragua partiendo de bioinsumos artesanales, en la búsqueda de bacterias (*Bacillus subtilis*) antagonistas de hongos fitopatógenos; para lo cual, se realizaron ensayos de antagonismo contra los hongos identificados como *Alternaria alternata* , *Fusarium equiseti* y *Fusarium sp*, tanto invitro a través de la confrontación dual de las bacterias con potencial antagónico de los hongos fitopatógenos evaluados, como en condiciones de invernadero en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L*); siendo esta la primera fase en el desarrollo de un producto biológico nacional que tendrá como ingrediente activo *Bacillus subtilis*, reportada como antagonista de un amplio rango de hongos y que será usado para el control de enfermedades en cultivos de interés agrícola.

(Gonzales.R & Diaz.R, 2012) En los resultados de su investigación efecto de la aplicación de *Rhizobium* y Micorriza en el crecimiento del Frijol Sugiere que la inoculación es una opción viable y sostenible para optimizar el crecimiento y rendimiento del cultivo del frijol. Esta estrategia mostro los mejores resultados en las variables evaluadas de su estudio.

Así mismo, (Hilda y Fraga, 1999) las Bacterias Solubilizadoras de fosfato (BS-F) están involucradas en una variedad de procesos que afectan la transformación del P en el suelo y, por lo tanto, son parte integral del ciclo P del suelo. En particular, estos microorganismos son capaces de transformar P insoluble en formas solubles (accesibles para las plantas) a través de procesos de solubilización y mineralización (Torres M. , 2020, pág. 6)

Estudios recientes muestran la efectividad de un consorcio bacteriano integrado por el antagonista *Bacillus velezensis* mostrando una actividad sinérgica contra la marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* en diferentes tipos de cultivos bajo condiciones de invernadero y de campo. Cabe destacar que se mostró una eficacia similar al control químico. Estos resultados sugieren que las cepas tienen un mayor potencial para controlar el marchitamiento por *Fusarium* cuando se aplican como un consorcio en comparación con cepas individuales separadas. (Mota, 2021).

## **VI. MARCO TEORICO**

### **6.1. El suelo**

La definición del suelo ha tenido varios matices, según quien trate de hacerla y según la época en que la hagan como lo recuentan Hillel (1998), Boul et al (1997), Malagon et al (1995), porta el al (1994) y soil Survey Division Staff(SSDS,1993), entre otros autores, el termino ha tenido acepciones verdaderamente simplistas como: El suelo es desde el punto de vista del agricultor es el sitio para ubicar sus semilla y producir sus cosechas (Worthen,1949).para un geólogo podría ser el recubrimiento terroso que hay sobre un cuerpo rocoso; para un constructor el suelo es el sitio donde colocara su estructura o el sustrato que le suministrara a alguno de los materiales que requiere para hacerla; para un ecólogo es uno de los componentes del ecosistema que estudia ; para un químico es el laboratorio donde se producen reacciones entre las fases sólidas, liquidas y gaseosas y para un antropólogo y arqueólogo podría ver el suelo como un tipo de registro del pasado (.JaramilloJ, 2002, pág. 20)

### **6.2. Generalidades del suelo**

Según Weii 2000, citado por Chavarría, F (2009), el suelo constituye la esencia del estudio de la edafología. Se le considera al suelo como un ser natural estructurado, que se encuentra en constante cambio y que para su formación y evolución depende de factores bióticos como abióticos. Entre estos factores está el clima, organismos, el relieve y el tiempo; todos ellos actuando sobre el material parental, la roca madre. (edafología 1, 2011, pág. 21)

### **6.3. Componentes del suelo**

Un suelo ideal contiene cuatro componentes las cuales son: material mineral (45%) materia orgánica (5%) aire (25%) y agua (25%).El suelo está constituido en su mayoría por material mineral producto de la descomposición de la roca madre de la corteza del globo terráqueo por la acción de diferentes factores del clima, como son la lluvia y el viento los cuales son fuertemente impactados por los cambios de temperatura del día y la noche. (Acosta, 2007)

Así mismo (Chavarría, F, 2009). En la fase sólida se distinguen dos partes principales, una la constituye la materia orgánica y la otra por las arcillas. La fracción de materia orgánica generalmente es de 0- a 5% pero se encuentran suelos sobre todo los antroposoles que contienen mayor porcentaje, llegando hasta más de 15%.; los suelos dependiendo del clima donde se desarrollen, así como la proporción de los constituyentes, va a contener mayor o menor humedad. Cambiando así también el tipo de agua que contenga. De la forma en que esté formado el suelo (proporción de constituyentes) dependerá el uso que se le dé tanto para agricultura como para ganadería (edafología 1, 2011)

#### **6.4. Fertilidad del suelo**

La fertilidad de los suelos dependerá de los agregados que lo constituyan; así mismo la definición de fertilidad del suelo está compuesta de dos partes. La primera es la incumbencia básica: la capacidad que posee el suelo para proporcionar los nutrientes necesarios a los cultivos para su desarrollo en forma equilibrada segunda representa los factores que condicionan la nutrición: condiciones físicas mecánicas e hidráulicas que se incluyen en la física del suelo, las condiciones de aireación y la presencia de sustancias perjudiciales para las plantas. Esto último, en su acepción más amplia incluye a los problemas de salinidad/ alcalinidad, la acidez, ambos factores que exceden los problemas de toxicidad y la presencia de elementos químicos tóxicos. (Miguel A, 2009)

Las arcillas tienen una gran importancia en la fertilidad de los suelos al intervenir directamente en la Capacidad de Intercambio Catiónico. Al mismo tiempo las arcillas según su estructura permiten tener una mayor superficie específica, la que contribuye a la retención de humedad o a evitar el lavado de nutrientes por parte de las aguas que se infiltran en las capas de los suelos. Así mismo la materia orgánica por encima de contenidos del 2% está ligada a la estabilidad de los suelos, al tener un poder aglomerante, sobre todo las sustancias húmicas al unirse a la fracción mineral dan permeabilidad al suelo a la vez que le permite la estabilidad. La formación de óxidos de hierro (Fe) y aluminio (Al) puede darse en combinación con

materia orgánica estabilizando con ello los agregados del suelo. (edafología 1, 2011, pág. 22)

## **6.5. Nutrientes del suelo (Nitrógeno y Fosforo Potasio)**

La nutrición de los cultivos es uno de los factores con gran importancia al momento del manejo de las plantas, debido a que puede ser vital durante el desarrollo y ocasionar anomalías como deficiencia o toxicidad; por lo anterior los elementos como el nitrógeno N, Fosforo P, Potasio K se clasifican entre los macronutrientes esenciales y móviles. Cabe destacar que además de los elementos químicos las plantas adquieren nutrientes de las sustancias orgánicas que se encuentra en el medio las formas en que las plantas adquieren el N, P, K son:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{K}^+$ . (Proanin Tecnologia Agricola., 2021)

### **6.5.1. Nitrógeno (N)**

Este elemento nutritivo, se encuentra presente en el suelo en diferentes formas, aunque las plantas y los microorganismos lo absorben en forma de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) o amonio ( $\text{NHA}^+$ ). El mayor reservorio de nitrógeno del suelo, se encuentra en los microorganismos que lo habitan como puede ser bacterias hongos o nematodos, aunque la cantidad de este es muy baja para la gran cantidad que consumen los cultivos. El nitrógeno es esencial para el crecimiento vegetativo, produce succulencia es responsable del color verde que presentan las hojas si se produce si se produce un exceso de este nutriente en los cultivos puede afectar a la maduración, bajar la calidad del cultivo y. Además, debilitar la planta lo que conlleva que sean más propensas a diferentes enfermedades o plagas más vulnerable a la lluvia.

### **6.5.2. Fosforo (P)**

Se puede decir que es el elemento nutritivo más limitante del rendimiento de los cultivos después del nitrógeno, ayuda a las raíces y a que las plantas tengan un rápido desarrollo, mejorando de esta manera su resistencia a las bajas temperaturas y en el caso de algunas plantas, su resistencia a determinadas enfermedades. Además, interviene en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular e incrementa la eficiencia del uso del agua. Su falta se observa en las hojas viejas ya

que presentan un color verde pálido y los bordes secos, también afecta a la floración y al desarrollo de las raíces.

### **6.5.3. Potasio(K)**

Podemos decir que es un nutriente esencial para todos los organismos vivos ya que juega un papel importante en la activación enzimática, fotosíntesis y síntesis de proteínas, carbohidrato. Balance del agua y en el crecimiento meristemático. Su presencia contribuye a un mejor crecimiento vegetativo y a la fructificación, maduración y calidad de los frutos. Por otro lado también favorece la resistencia de la planta a diferentes plagas y enfermedades, a la sequía etc. Un déficit de este elemento en el suelo afecta a la floración, fructificación y desarrollo de toda la planta y además se observa en las hojas y brotes jóvenes cuando su carencia es aguda. Los suelos que presentan una mayor carencia de este nutriente son los suelos arenosos y suelos con un alto contenido de calcio. (AlvaroG.J, 2019)

## **6.6. Propiedades Físicas químicas y biológicas del suelo**

El suelo es un medio heterogéneo que puede considerarse como compuesto de tres fases principales: una sólida, una líquida y una gaseosa. Las tres fases influyen en el suministro de nutrientes a las raíces de las plantas. La fase sólida puede ser vista como el principal reservorio de nutrientes, las partículas inorgánicas de la fase sólida contienen nutrientes catiónicos tales como K, Na, Ca, Mg, Mn, Zn y Cu mientras que las partículas orgánicas de esta fase proveen la principal reserva de N y en una extensión algo menor de P, S. La fase líquida de la solución de suelo es la principal responsable del transporte de nutrientes en el suelo por ejemplo llevar los nutrientes desde varios puntos dentro de la fase sólida hacia las raíces. Los nutrientes transportados por la fase líquida están presentes principalmente en su forma iónica juntamente con el O<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> también están disueltos en la solución de suelo. La fase gaseosa del suelo participa en el intercambio gaseoso que ocurre entre los numerosos organismos vivos del suelo (raíces de las plantas, hongos, bacterias, y animales) y la atmósfera. El proceso de intercambio gaseoso resulta en el suministro de O<sub>2</sub> a los organismos vivos del suelo y de la remoción del CO<sub>2</sub> producido por la respiración desde la

atmosfera del suelo, los nutrientes en la fase líquida, sólida, y gaseosa están muy relacionadas entre sí. (EA.Kirkby, 2000).

#### **6.7.1.Indicadores Físicos.**

De manera general, se puede afirmar que un suelo físicamente óptimo, apto para la producción agrícola y que favorece el rendimiento de los cultivos, así como la eficaz utilización de fertilizantes, posee una distribución de volumen equilibrada. En este tipo de suelo, aproximadamente el 50% del volumen está ocupado por la fase sólida, compuesta por minerales y materia orgánica, mientras que el restante 50% corresponde a espacios porosos. Estos espacios pueden estar ocupados por aire y agua, o en ciertos casos, exclusivamente por agua.

Las características físicas del suelo desempeñan un papel esencial en la evaluación de la calidad de este recurso, ya que no son fácilmente mejorables. Las propiedades físicas, que se pueden emplear como indicadores de la calidad del suelo, son aquellas que reflejan cómo el suelo interactúa con el agua en términos de absorción, retención y transmisión hacia las plantas. Además, estas propiedades revelan las restricciones que pueden influir en el crecimiento de las raíces, la germinación de las plántulas, la infiltración y el flujo del agua a lo largo del perfil del suelo. Estas características también están vinculadas con la disposición de las partículas y la estructura de los poros en el suelo. (Singer, 2000)

Se han propuesto como indicadores de calidad del suelo las siguientes características físicas: estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, capacidad de infiltración, profundidad de la capa superficial del suelo, capacidad de retención de agua y conductividad hidráulica en condiciones de saturación. (Cruz, 2004)

Comprender los indicadores físicos del suelo adquiere una relevancia significativa en la evaluación de la calidad de los suelos, ya que nos brinda la capacidad de identificar tanto el tipo de suelo en función de su composición como su nivel de compactación y su habilidad para retener agua. (Ethel Mileydi Díaz Gámez, 2019)

### **6.7.2.Propiedades Físicas de los Suelos.**

El suelo representa una combinación de elementos sólidos, líquidos (agua) y gaseosos (aire). La correcta interacción entre estos elementos establece la capacidad para el cultivo de plantas y la disponibilidad adecuada de nutrientes. La proporción entre estos elementos da origen a un conjunto de características denominadas propiedades físicas o mecánicas del suelo. (Betancourt Rodríguez, 2010)

### **6.7.3.Estructura y Consistencia.**

La estructura del suelo es un indicador fundamental de la "salud del suelo". Se refiere a la disposición de partículas sólidas y espacios dentro del suelo. Los suelos de calidad poseen una combinación de micro poros y macro poros: los macro poros permiten la entrada de agua y el drenaje, mientras que los micro poros almacenan el agua. Un suelo con una estructura adecuada es fácil de trabajar y no es propenso a la erosión causada por la lluvia o el viento. Además, facilita la penetración del aire y el agua en el suelo, lo que promueve un sano desarrollo de las raíces de las plantas. (F.A.O, 2015).

- Ver anexo ilustración 5 Pag.70.

### **6.7.4.Porosidad.**

La porosidad del suelo se compone de pequeñas cavidades llamadas poros, que se dividen en dos categorías: micro poros y macro poros. Los macro poros, al no retener agua contra la gravedad, tienen la función principal de permitir el drenaje y la oxigenación del suelo, y son el espacio primario para el desarrollo de las raíces. Por otro lado, los micro poros retienen agua, parte de la cual está disponible para las plantas. La porosidad total del suelo es la suma de ambos tipos de poros. Las características de estos espacios porosos están determinadas por la textura y la estructura del suelo. (García R. , 2015)

En suelos arenosos, los poros son de mayor tamaño, lo que posibilita una penetración sencilla tanto del agua como del aire, a diferencia de los suelos con partículas más pequeñas como los arcillosos. Cuando el suelo tiene una adecuada capacidad de aireación, se favorece el intercambio de gases en el entorno y la

formación del sistema de raíces que absorbe agua y nutrientes se facilita. (Ethel Mileydi Díaz Gámez, 2019).

- Ver anexo ilustración 6 Pág. 70.

#### **6.7.5. Color del suelo.**

En términos generales, los suelos tienden a mostrar un tono oscuro superficialmente, pero su color se va aclarando a medida que se profundiza. La presencia de un color oscuro en el suelo suele indicar un mayor contenido de materia orgánica. Por otro lado, tonos marrones o rojizos sugieren que el suelo está bien ventilado y no tiende a acumular exceso de agua. Sin embargo, colores grises o manchados de tonos verdosos o azules indican que el suelo tiende a permanecer encharcado durante períodos prolongados. (Rojas, 2013)

Adicionalmente, los suelos de tonalidad roja suelen contener cantidades significativas de óxido de hierro, lo que puede influir en la solubilidad de elementos como los fosfatos necesarios para el crecimiento de las plantas. No obstante, este color también indica que el suelo tiene un buen drenaje y no es excesivamente húmedo. Por otro lado, los suelos con tonos amarillos suelen ser menos fértiles debido a que los óxidos de hierro han reaccionado con el agua, lo que resulta en una mala capacidad de drenaje en esa zona.

#### **6.7.6. Moteado del suelo y su abundancia.**

El moteado en el suelo se refiere a manchas de color diferente que se dispersan entre el color predominante del suelo. El número, tamaño y color de estas manchas proporcionan un indicador útil de la aireación del suelo. Cuando la estructura del suelo se deteriora, se reducen los macro poros y micro poros que permiten el flujo de aire y agua. Esta pérdida de poros conduce a una disminución del oxígeno y un aumento del dióxido de carbono en el suelo. Como resultado, se forman manchas de color naranja que con el tiempo tienden a volverse grises. Un alto porcentaje de moteado gris indica que el suelo estuvo saturado de agua durante gran parte del año, lo que resulta en la falta de oxígeno en el suelo. (Wadsworth, 2000).

### **Compactación del suelo.**

La compactación del suelo, que se caracteriza por un aumento en la densidad y una disminución de la macro porosidad, tiene efectos perjudiciales sobre las funciones del suelo, impidiendo la penetración de raíces, agua y el intercambio de gases. Este proceso puede llevar a una reducción significativa del rendimiento agrícola, en ocasiones hasta un 60%. Las dos causas principales de compactación del suelo causadas por actividades humanas son la mala gestión agrícola, responsable del 80% de los casos, y el sobrepastoreo, que contribuye al 16% de los casos. (López Báez, 2018)

Además, la compactación disminuye tanto el volumen como la continuidad de los macro poros, lo que a su vez reduce la capacidad de conductividad del aire y del agua en el suelo. Las causas principales de la compactación suelen ser el labrado excesivo del suelo y el pastoreo de ganado vacuno, especialmente cuando se realizan en condiciones de humedad inadecuadas o con una intensidad mayor de la que el suelo puede tolerar. Una forma de evaluar la compactación del suelo es mediante la medición de su resistencia a la penetración, que se logra utilizando un instrumento llamado penetrómetro.

#### **6.7.7.Cobertura del suelo.**

La cobertura vegetal, como los residuos de cosecha o la paja, aporta beneficios significativos al suelo, como la promoción del suministro y reciclaje de nutrientes, la protección del suelo y la mejora de su calidad física y química. Estos beneficios varían según las prácticas y el clima. La descomposición de la biomasa contribuye a la materia orgánica del suelo, beneficiando el entorno de las raíces y aumentando la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos, lo que fortalece la actividad biológica. (Singer, 2000)

#### **6.7.8.Profundidad del suelo.**

La zona de raíces disponibles se refiere al espacio donde las raíces de las plantas pueden crecer sin impedimentos significativos, permitiéndoles acceder al agua y a los nutrientes esenciales. En suelos profundos, las plantas tienen una mayor

resistencia a las sequías ya que, a mayor profundidad, el suelo tiene una mayor capacidad para retener la humedad. (García L. (., 2017)

La profundidad efectiva del suelo es la distancia hasta la cual las raíces de las plantas pueden penetrar sin encontrar obstáculos significativos. Esta profundidad está restringida por la presencia de materiales parentales en la parte inferior del perfil del suelo. Cuando el suelo no ofrece un ambiente propicio para el desarrollo de las raíces de las plantas, la producción será escasa y la fertilización será ineficaz.

#### **6.7.9.Textura del suelo.**

La textura del suelo se relaciona con la mezcla de componentes inorgánicos de distintas formas y tamaños, como arena, limo y arcilla. Esta propiedad es fundamental ya que afecta la fertilidad del suelo y su capacidad para retener agua, proporcionar aireación, drenaje, así como el contenido de materia orgánica, entre otras características.

La textura del suelo guarda una estrecha relación con la composición mineral, la superficie específica y la estructura de los poros del suelo. La composición mineral del suelo impacta de manera significativa en prácticamente todos los factores que influyen en el crecimiento de las plantas. La textura del suelo influye en la movilidad y la disponibilidad de la humedad, la aireación, la disponibilidad de nutrientes y la resistencia a la penetración de las raíces. (FAO, Propiedades Físicas del Suelo, 2006)

Los suelos pueden clasificarse en 12 clases texturales según su contenido relativo de arena, limo y arcilla, siendo las tres categorías más importantes: arenoso, arcilloso y franco.

- Ver anexo ilustración 7 Pág. 71.

#### **6.7.10.Pendiente.**

La pendiente del terreno es un parámetro comúnmente utilizado, a veces sin que nos demos cuenta, para describir la dificultad de ascender una inclinación en el terreno. Esta inclinación se refiere a la relación entre el desnivel vertical (Y) y la distancia horizontal (X) que se debe recorrer en una superficie con respecto a la

horizontal (el suelo). Se puede expresar en forma de porcentaje o en grados para describir su magnitud. (Llenardi, 2016)

La pendiente se refiere al grado de inclinación del terreno y tiene un impacto significativo en el proceso de lixiviación, que es la pérdida de nutrientes y otros compuestos solubles en el suelo debido al flujo de agua superficial o escorrentía.

#### **6.7.11.Tasa de infiltración.**

Este proceso se llama infiltración. Es el proceso mediante el cual el agua, ya sea del riego o de la lluvia, penetra en el suelo desde la superficie, moviéndose hacia las capas más profundas en direcciones tanto verticales. (SEPOR, 2017)

El agua que se ha infiltrado llena los espacios disponibles en el suelo y reduce las fuerzas capilares que permiten que el agua entre en los poros. Además, las partículas de arcilla en el suelo pueden hincharse cuando se mojan, lo que disminuye el tamaño de los poros. En áreas donde no hay una capa protectora de residuos forestales en la tierra, las gotas de lluvia pueden separar las partículas de la capa superficial del suelo y llevar partículas más finas hacia los poros superficiales, lo que puede obstaculizar el proceso de infiltración. (FAO, Propiedades Físicas del Suelo, 2006).

#### **6.7.12.Capacidad de Campo.**

La capacidad de campo se refiere al nivel de humedad que el suelo es capaz de retener una vez que ha sido completamente saturado y ha drenado libremente, sin que haya pérdida de agua por evaporación o transpiración, hasta que el potencial hídrico del suelo alcance un estado de equilibrio. Esto generalmente ocurre alrededor de 24 a 48 horas después de una lluvia o riego. (Muegue, 2018)

#### **6.7.13.Punto de Marchitez Permanente. (PMP)**

El Punto de Marchitez Permanente (P.M.P) se refiere al nivel de humedad en el suelo que queda retenido a una tensión aproximada de 15 atmósferas, a partir del cual las plantas ya no pueden tomar suficiente agua para recuperar su turgencia, lo que lleva a una marchitez permanente de la planta. El P.M.P puede variar según la especie de planta, la cantidad de agua que las plantas específicas requieren, la

profundidad de sus raíces y la capacidad de retención del suelo, entre otros factores. (tiene, 2022).

- Ver anexo ilustración 8. Pag.71.

#### **6.7.14.Capacidad de Retención de Agua Disponible.**

La capacidad de retención de agua disponible se refiere a la cantidad de agua que el suelo retiene y que las plantas pueden absorber. Esta capacidad se calcula como la diferencia entre los niveles de humedad en el suelo en el punto de capacidad de campo (máxima retención de agua) y el punto de marchitez permanente (donde las plantas ya no pueden tomar agua). Esta diferencia representa la cantidad de agua que está disponible para el crecimiento de las plantas. (FAO, Propiedades Físicas del Suelo, 2006)

#### **6.7.15.Densidad Aparente.**

La densidad aparente de los suelos se refiere al peso de una unidad de volumen de suelo seco con su estructura natural. Esta propiedad está estrechamente relacionada con la compactación, la porosidad y la capacidad de circulación del agua y el aire en el suelo. Por lo tanto, la densidad aparente es de gran importancia para el desarrollo de los cultivos, ya que influye en la capacidad del suelo para retener agua y permitir la circulación adecuada del aire, factores cruciales para el crecimiento de las plantas. (F.A.O, 2015).

- Ver anexo ilustración 9. Pág.72

### **6.8. Indicadores químicos.**

Cuando los minerales presentes en las rocas entran en contacto con el agua o el aire, pueden experimentar procesos de disolución o oxidación. Estos procesos transforman los minerales originales en sustancias con propiedades distintas a las de los minerales originales. (F.A.O, 2015).

#### **6.8.1.Conductividad electrica**

La CE evalúa la capacidad de un suelo para conducir electricidad, aprovechando la conductividad de las sales solubles presentes en la solución del suelo. Por lo tanto, la CE refleja la concentración de estas sales en el suelo. Un valor más alto de CE

indica una mayor facilidad para que la corriente eléctrica fluya a través del suelo debido a una mayor concentración de sales. Esta medida se expresa en unidades de dS/m (decisiemens por metro). (Castellanos, 2000)

### **Clasificación de suelos a partir de su CE.**

- Suelo libre de sales. No existe restricción para ningún cultivo.
- Suelo muy bajo en sales. Algunos cultivos muy sensibles, se pueden ver afectados el rendimiento.
- Suelos moderadamente salinos. Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados.
- Suelo salino. El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado.
- Suelo altamente salino. Solo cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer.
- Suelo extremadamente salino. Casi ningún cultivo convencional crece.

La salinidad del suelo puede reducir la disponibilidad de agua para los cultivos, lo que resulta en daños similares a los causados por la sequía. Los cultivos pueden mostrar síntomas como decoloración, incluyendo un tono verde-azulado en las hojas, y en general, un aspecto de quemadura en las hojas debido a los efectos adversos de las sales en la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

A fin de cuentas, las sales reducen el potencial osmótico de la solución del suelo, de esta manera se reduce la disponibilidad de agua para los cultivos a pesar de que la humedad en el suelo se vea en buena magnitud.

Para corregir la salinidad del suelo, es necesario llevar a cabo un proceso de lavado del suelo para desplazar las sales hacia capas más profundas, donde no afecten las raíces de los cultivos. Las fuentes de salinidad en el suelo pueden variar, como la meteorización del material parental, el nivel freático alto o el uso de agua de riego con alto contenido de sales.

A medida que se realicen los lavados de suelos, es importante monitorizar la CE utilizando medidores de pH y CE para asegurarse de que se está logrando una reducción efectiva de la salinidad y, por lo tanto, proporcionando un entorno más

propicio para el desarrollo de los cultivos. Esto ayuda a evaluar el progreso y tomar medidas adicionales si es necesario para mejorar la calidad del suelo. (INTAGRI, 2017)

### **6.8.2. Ph del suelo**

El pH del suelo es una forma de medir si es ácido o alcalino, y es una propiedad esencial que está relacionada con otras características del suelo, como la cantidad de minerales básicos presentes, la disponibilidad de nutrientes, la estabilidad de sus partículas y la actividad biológica. Para conocer si el suelo es ácido o alcalino, se evalúan las concentraciones de iones hidroxilo en la solución del suelo. (E.M. Mileydi Diaz, 2019).

- Ver Anexo ilustración 10 Pág. 72

## **6.9. FACTORES CLIMATICOS**

### **6.9.1. Humedad relativa**

Es la relación entre la cantidad de vapor de agua presente en una parcela aire, y la cantidad necesaria para que ésta se sature sin variar la temperatura. Se expresa con un número porcentual del 0% al 100% (mientras más alto, mayor humedad) (Meteopedia, s.f).

### **6.9.2. Punto de rocío.**

Por definición es la temperatura del aire, en el que un volumen específico de aire (presión constante) se condensa el vapor de agua en agua líquida con la misma velocidad que se evapora. (meteoblue, 2023)

### **6.9.3. Presión**

La presión de aire tiene un efecto sobre varios fenómenos, tales como la disponibilidad de oxígeno y bajo punto de ebullición del agua en elevaciones más altas, así como la formación de nubes y convección. (meteoblue, 2023).

### **6.9.4. Transpiración**

La transpiración es el transporte y evaporación del agua desde el suelo a la atmosfera, a través del tejido de las plantas. Un cultivo pierde agua por las estomas,

que son pequeñas aberturas en las hojas de las plantas por donde atraviesan gases y vapor de agua. El agua y los nutrientes se absorben por la raíz, pero gran parte del agua absorbida se pierde por la transpiración y solo una pequeña parte se queda en los tejidos vegetales. (intagri, s.f).

#### **6.9.5.Evaporación**

La evaporación es un proceso de transición de fase que experimenta una sustancia a partir de un estado líquido a un estado de vapor o gas, depende de la intensidad del movimiento térmico de las moléculas: cuanto más rápido se mueven las moléculas, más rápida se produce la evaporación. (Químico, 2017).

#### **6.9.6.Precipitación.**

El agua líquida o sólida formada en la atmósfera cae al suelo terrestre, si una nube es cálida por estar en altitudes bajas, caerá lluvia. (redacción., 2023).

Se mide en litros por metro cuadrado de superficie ( $l/m^2$ ), o su medida equivalente milímetros de altura del agua caída (mm). El instrumento de medición es el pluviómetro. (navarra.es, s.f).

#### **6.9.7.Escorrentía**

Según (FAO, 2013) la distribución entre la escorrentía superficial y la subsuperficial está determinada por la tasa de infiltración y capacidad de almacenamiento del suelo, las cuales dependen, básicamente, de factores climatológicos, geológicos, hidrológicos y edáficos. Probablemente el factor más decisivo sea la intensidad y la duración de la lluvia, pero también son determinantes la textura y estructura del suelo, su conductividad hidráulica y condiciones de drenaje interno. Externamente, la topografía del terreno, la conformación de la red de drenaje y la vegetación son factores importantes.

#### **6.9.8.Viento**

Movimientos horizontales y para horizontales, que desplazan masas de aire de un lugar a otro; en función de compensar los desequilibrios de presión respecto a la superficie terrestre. (Labs, 2018)

En lo que respecta a la fisiología y ecofisiología vegetal, interfiere con los intercambios de calor y gases entre el interior de la hoja y la atmósfera exterior, interviniendo de esta manera en la regulación de la temperatura foliar, la transpiración y la fotosíntesis (Covas., s.f). Sin embargo, hay efectos adversos como el daño mecánico de la epidermis foliar y el volcamiento de las plantas.

#### **6.10. Organismos del suelo**

Los microorganismos, por su gran versatilidad bioquímica, son los intermediarios entre el mundo mineral y el mundo vivo. Con sus innumerables reacciones metabólicas permiten incorporar los materiales del suelo en el mundo viviente y están en la base de toda productividad, por lo que debe darse a los microorganismos el papel fundamental que les corresponde en la fertilidad de los suelos. (AsociaciónVidasana, S.F, pág. 5)

#### **6.11. Microorganismos del suelo**

El suelo superficial (0-20cm) es el ambiente donde ocurren la mayoría de los procesos microbianos que influyen sobre la nutrición de los cultivos, de los cuales se ocupa la Microbiología Agrícola. Desde un punto de vista ecológico, un ambiente está constituido por: 1) una fracción abiótica (el hábitat), y 2) una fracción biótica (los componentes vivos). La fracción abiótica del suelo incluye: a) partículas minerales de diferente tamaño y composición química, b) agua y solutos, c) gases y d) compuestos orgánicos; mientras que la fracción biótica incluye: a) raíces vivas de plantas, b) fauna (detritívoros) y c) microorganismos (descomponedores). (Microbiología , 2014, pág. 65)

Correa (2013) afirma que, la actividad microbiana del suelo (hongos, bacterias y actinomicetos) contribuye a la sostenibilidad de los ecosistemas por ser los principales responsables en el reciclaje de nutrientes y en la dinámica de la materia orgánica del suelo, la captura de carbono, la estructuración del suelo y la captación de agua, el aumento en la capacidad de absorción de nutrientes y el mantenimiento de la sanidad vegetal (p. 1). (Torres & Rocha, 2022, pág. 4)

### **6.12. Microorganismos promotores de crecimiento**

En la rizosfera existen gran número de microorganismos que establecen relaciones de simbiosis con las plantas. Estos microorganismos intervienen en el ciclo de algunos elementos minerales como el fósforo, el nitrógeno, el carbono, el hierro, etc. y favorecen la nutrición de las plantas. A cambio se aprovechan de los exudados de las raíces en forma de ácidos orgánicos, mucílagos, aminoácidos o azúcares.

Las Bacterias promotoras de crecimiento en las plantas (PGPR) favorecen el crecimiento de las plantas por diferentes mecanismos: síntesis de fitohormonas (fundamentalmente el ácido indolacético), promocionan el crecimiento de la raíz y la proliferación de los pelos radicales, inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos y producen sustancias quelantes del hierro (sideróforos) que aumentan su absorción por parte de las plantas. Además, intervienen en la fijación del nitrógeno (bacterias fijadoras de nitrógeno) y aumentan la absorción de agua y nutrientes y la absorción del fósforo (micorrizas). A estos dos últimos grupos vamos a dedicar un apartado especial por su gran importancia en la vida de las plantas y en el desarrollo de una agricultura más sostenible. (AsociaciónVidasana, S.F).

- Ver anexo ilustración 11. Pág. 73.

### **6.13. Concepto de Peptona**

Según (labassociates), las peptonas constituyen una fuente natural de aminoácidos, proteínas y péptidos para los medios de cultivo de crecimiento. Se producen por hidrólisis ácida de productos naturales, como la leche, las plantas, el tejido animal o la digestión enzimática.

Para la producción de bacterias solubilizadoras de fosfato.

### **6.14. Concepto de Inoculante Biológico**

Se entiende como inoculante aquel producto biológico que posibilita la introducción de microorganismos, con diversas funciones fisiológicas que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas. (Chamaco, 2022)

Según (Valverde) Son productos tecnológicos basados en microorganismos promotores de crecimiento vegetal. Es decir, preparaciones de microorganismos

beneficiosos para aplicaciones en la semilla o suelo, con la finalidad de incrementar su número dando mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas y ayudando a su crecimiento.

### **6.15. Rizobium**

Rhizobium es un género de bacterias del suelo más conocidas por la simbiosis que establecen con las leguminosas. Las bacterias de este género participan en importantes procesos como en el ciclo de los nutrimentos como el carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P). (Fertilab, 2021)

Según (Idesia, 2020) , los Rizobium invaden las raíces de las leguminosas utilizando tres mecanismos: hilos de infección en los pelos radicales, a través de la entrada por grietas (crack entry) o a través de las células epidérmicas de la raíz. El mecanismo más común, el cual fue estudiado en detalle, es a través de hilos de infección en los pelos radicales. En este caso, el intercambio de señales entre el simbionte y el huésped se inicia por la secreción de exudados de la raíz, como son los flavonoides, fenoles, azúcares, ácidos dicarboxílicos y aminoácidos.

- Ver anexo ilustración 12. Pág. 73.

### **6.16. Micorrizas**

Las micorrizas (del griego myces, hongo y rhiza, raíz) representan la asociación entre algunos hongos y las raíces de las plantas que actúan como fertilizantes, mejorando la producción agrícola. (Rural, 2018)

El hongo coloniza el apoplasto y células corticales de la raíz. El desarrollo de esta asociación, altamente compatible, requiere de la diferenciación celular y molecular coordinada de ambos simbioses, para formar una interface especializada en la cual ocurre la transferencia bidireccional de nutrimentos (González, 2005).

- Ver anexo ilustración 13 Pág. 73...

### **6.17. Bacterias solubilizadoras de fosfato.**

Según (Sudhansu, 1998) Existen bacterias capaces de transformar las formas insolubles del fósforo en formas solubles, a través de reacciones enzimáticas, haciéndolo disponible para las necesidades de las plantas ( Moreno Ramírez , 2015 , pág. 14)

Se trata de microorganismos del suelo, generalmente hongos y bacterias, que se asocian de manera natural a las raíces de las plantas de una forma más o menos íntima. Estos microorganismos pueden facilitar de manera directa o indirecta, la disponibilidad de determinados nutrientes tales como: el nitrógeno, el fósforo y el agua, además de producir sustancias denominadas fitohormonas promotoras del crecimiento vegetal. (Trichodex, 2016)

### **6.18. Principales mecanismos bacterianos de solubilización**

Según (Alexander, 1994), la solubilización ocurre por producción de ácidos orgánicos e inorgánicos y mecanismos de oxidoreducción. Las cepas de *Pseudomonas* sp, *Bacillus* sp y *Rhizobium* sp son los microorganismos con mayor poder de solubilización de fosfatos minerales; así como la acción de fosfatasas ácidas las cuales juegan un papel importante en la mineralización de fósforo en el suelo

La habilidad de los microorganismos de solubilizar complejos de fósforo ha sido atribuida a la habilidad de reducir el pH de los alrededores, ya sea mediante la liberación de ácidos orgánicos o protones. Ácidos orgánicos como el citrato, lactato, succinato, entre otros, que son secretados por las bacterias solubilizadoras de fósforo, contribuyen a la solubilización de fósforo en la rizosfera ( Moreno Ramírez , 2015 , pág. 16)

### **6.19. Consorcios microbianos**

Son asociaciones naturales de dos o más especies de microorganismos que se benefician entre sí mientras favorecen la rizósfera. Existen microorganismos que juegan un rol fundamental en el mejoramiento de los suelos y en los incrementos de producción agrícola. (Agroexcelencia, 2019)

Un consorcio microbiano puede desempeñar funciones complicadas que poblaciones individuales no podrían; además la vida en asociación puede generar mayor resistencia a las fluctuaciones del ambiente y promover la estabilidad de los miembros, en el tiempo estos rasgos distintivos dependen de dos características primero los miembros del consorcio se comunican uno con el otro ya sea por el intercambio de sustancias o por señales moleculares cada población detecta y responde a la presencia de otras dentro del consorcio, ejerciendo sobre ellas un control positivo o negativo en su crecimiento y/o su metabolismo (Ochoa Carreño & Montoya Restrepo, 2010)

#### **6.19.1. Ventajas de la utilización de consorcios microbianos**

Los consorcios microbianos en la rizosfera benefician el crecimiento vegetal por el aumento de absorción de nitrógeno y fósforo, lo cual se traduce en un incremento de la disponibilidad de nutrientes en el suelo y se refleja en la biomasa y la supervivencia de las plantas. (Cano, s.f).

La aplicación de estos consorcios para la planta puede traer los siguientes resultados: mejora la producción de los cultivos, aumenta los grados Brix, optimiza los niveles de clorofila, concentra nutrientes en las hojas, causa un efecto en la biomasa microbiana del suelo. Es decir, mejora la fisiología y fenología de la planta; la vida microbiana del suelo origina que los cultivos agrícolas, expresen su mayor potencial productivo. (AgroExelencia, 2021).

#### **6.20. Interacciones Planta-Inoculante-Suelo**

En efecto, en los sistemas suelo-planta viven poblaciones diversas de microorganismos beneficiosos que llevan a cabo diferentes acciones, fundamentales para la calidad del suelo y desarrollo de las plantas, lo que ayuda a la sostenibilidad de los mismos. En este sentido, cabe destacar dos grupos de microorganismos: los hongos formadores de micorriza arbusculares (MA) y los microorganismos promotores del crecimiento de las plantas, cuyos efectos beneficiosos en la recuperación de los suelos se ha puesto de manifiesto en diversos estudios. Los hongos MA forman dicha simbiosis con las raíces de la mayoría de las plantas beneficiándose ambos micro y macro simbiotes) de tal

asociación. La presencia del hongo en las raíces de la planta hace que esta mejore su capacidad para la adquisición de nutrientes a partir del suelo, así como su nivel de tolerancia a situaciones de estrés, mientras que el hongo heterótrofos (que no puede producir su alimento) se benefician de los sustratos carbonados procedentes de la fotosíntesis y del nicho ecológico protegido que encuentra dentro de la raíz.

Los microorganismos promotores de crecimiento de las plantas desarrollan un amplio espectro de actividades, bien como antagonista de microorganismos patógenos de plantas o bien como estimuladores de los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes; sea como fijadores de N<sub>2</sub> o como solubilizadores de P, o como mineralizadores de la materia orgánica. Los efectos más apreciados se basan en la producción de compuestos biológicamente, activos tales como fitohormona, sustancias quelantes, sideróforos, enzimas, vitaminas, antibióticos. (Mediña Peñafiel, 2006, pág. 25).

- Ver anexo ilustración 14. Pág. 74

### **6.21. Efectos simbióticos entre microorganismos y plantas**

Los microorganismos descomponen los restos orgánicos del suelo y liberan metabolitos primarios como aminoácidos, azúcares y grasa que posteriormente se transforman en proteínas, polisacáridos, ácidos grasos nucleóticos que utilizan y/o excretan a la zona rizosfera (las más cercana a las raíces) donde pueden ser asimilables fácilmente por las plantas. En el primer tipo de interacciones, las simbióticas se establecen en vínculos directo entre los microorganismos y la planta por la necesidad que tiene cada uno de ellos para desarrollarse y dan lugar a nuevas estructuras como nódulos vegetales o las micorrizas como los tipos de arbusculos y vesículas. (Symborg, 2023)

### **6.22. Efectos del uso de inoculantes en el cultivo de Frijol.**

Los resultados mostraron que la inoculación de las semillas de frijol común de cv. Cuba cueto con *Rhizobium* beneficio el comportamiento de los indicadores morfológicos y productivos evaluados en relación con las que no fueron inoculadas con este biofertilizante. Los mayores resultados en la producción de frijol común

fueron logrados con la aplicación de ME al surco asociada a la foliar en comparación con las formas de aplicación al surco y foliar individualizadas al inocular o no la semilla con *Rhizobium*. Los incrementos cuando no se inocularon las semillas fueron de 92,12% de la producción de hojas 72,29% de la altura de las plantas 81,19% de promedio de legumbre 42,88% de la masa de 100 granos y 153,23% del rendimiento de grano en relación con el tratamiento control. Por otra parte, cuando se trataron las semillas los rendimientos fueron de 68,85% de producción de hojas 36,50% de altura de las plantas 37,07% del promedio de legumbres 44,845 del promedio de granos por legumbres 16,41% de la masa de 100 granos y 000% del rendimiento del grano en relación con el tratamiento de control. (Calero Hurtado, Perez Diaz, Quintero Rodriguez, Olivera Viciado, & Peña Calzada, 2019)

Así mismo Las semillas imbibidas en el BSF3 Bacterias solubilizadoras de fosfato (*Pseudomonas luteola* + *Aeromonas hydrophila*) durante 120min presentaron la mayor longitud de radícula e índice de vigor. El peso de 100 semillas de las plantas de frijol bajo condiciones semicontroladas incrementó con BSF2 (*Enterobacter* sp. + *Pseudomonas luteola*) y BSF3. BSF2 disminuyó el pH del suelo y favoreció el incremento de P disponible para la planta. Se sugiere la evaluación por más de un ciclo del cultivo de frijol para confirmar los efectos positivos de estos coinóculos.

### **6.23. Consideraciones Económicas y Ambientales.**

En 1967, se promulgó una ley que declaró que los inoculantes eran de interés para la explotación rural. Esto concedió al Ministerio de Agricultura y Pesca, con su denominación de la época, la autoridad para supervisar la venta, composición y uso de estos productos. Posteriormente, se estableció el Sistema Nacional de Registro y Control de Calidad de Inoculantes, marcando el comienzo de una colaboración entre el sector público y el sector privado que sigue vigente hasta hoy. Este contexto propició el desarrollo y la producción nacional de inoculantes de alta calidad.

Desde entonces, los inoculantes han sido ampliamente adoptados por el sector agrícola, y esta tecnología biotecnológica ha generado significativos beneficios económicos y ambientales para el país durante más de cinco décadas. Los inoculantes que contienen rizobios para leguminosas cumplen con requisitos

legales específicos, como la identificación de las cepas utilizadas, la concentración de células vivas y la ausencia total de contaminantes. Además de los inoculantes tradicionales basados en turba estéril finamente molida y las formulaciones líquidas, la legislación también abarca las semillas preinoculadas. En el caso de estas últimas, los requisitos para su registro se centran en la cantidad de rizobios vivos en las semillas y su capacidad para formar nódulos de manera efectiva en función del tiempo.

A partir del acuerdo firmado en 2012, el INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) y el MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca) acordaron unir sus capacidades para dar continuidad al Sistema Nacional de Registro y Control de Calidad de Inoculantes (como se muestra en la Figura 2). Según este acuerdo, el MGAP se encarga de recomendar oficialmente las cepas de bacterias utilizadas en los inoculantes, supervisar su fabricación y comercialización. Por otro lado, el INIA ofrece servicios de análisis de calidad de los inoculantes y mantiene la Colección Nacional de Cepas de Rizobios, que ha sido registrada en la base de datos de la World Federation for Culture Collections (wfcc), siendo la primera colección de Uruguay en lograr esta indexación.

El INIA también suministra anualmente las cepas a las empresas fabricantes de inoculantes y se encarga de valorizar y expandir la colección, además de contribuir a la identificación de cepas eficientes para nuevas leguminosas de interés agronómico y llevar a cabo investigaciones científicas sobre la fijación biológica de nitrógeno. A través de una plataforma web compartida por ambas instituciones y las empresas registradas, los resultados de los análisis están disponibles de manera rápida para las partes interesadas. Además, en esta plataforma se puede acceder a listas de bioinsumos registrados y lotes autorizados para la venta, así como a protocolos, formularios y comunicados oficiales. (Elena Beyhaut, 2021)

En la Tabla 1 se enumeran las cepas que han sido recomendadas oficialmente para la formulación de inoculantes comerciales destinados a las leguminosas de importancia agronómica.

- Ver anexo ilustración 15 pag.74.

## **6.24. FRIJOL.**

### **6.24.1. Origen Y Distribución.**

Los estudios arqueológicos revelan que el *Phaseolus* frijol se originó en el continente americano, con evidencia que data de 500 a 8,000 años. Fue introducido en Europa por los conquistadores españoles durante la conquista española. El producto fue luego distribuido por comerciantes portugueses en África Oriental, donde árabes y esclavos lo difundieron por toda África. En Mesoamérica, el frijol, el maíz, la calabaza y el ají fueron las principales fuentes de alimentación de las regiones habitadas. A medida que se expandió el cultivo de estos cultivos, comenzaron a producir granos básicos para el autoconsumo y la comercialización. (Rivera & Blandón, 2013).

- Ver anexo ilustraciones 16 Pág. 75.

### **6.24.2. Taxonomía.**

**Familia:** Fabaceae (Leguminosa)

**Subespecie:** Papilionaceae.

**Nombre científico:** *Phaseolus Vulgaris* L.

### **6.24.3. Preparación del suelo.**

Su objetivo es:

- Preparar el terreno para la siembra, lo que beneficiará las condiciones necesarias para la germinación de la semilla o la plántula.
- Facilitar la infiltración y el almacenamiento al controlar el intercambio de agua del suelo.

Para ello realizamos lo siguiente:

- Limpieza del terreno (chapoda con tractor o machete).
- Muestreo de plagas de suelo.
- Arado con tractor o tracción animal.
- Gradeo con tractor o tracción animal.

- Banqueo o nivelación con tractor o tracción animal
- Surcado o rayado.

#### **6.24.1. Siembra.**

##### Selección de variedades

Las variedades a usar deben adaptarse y satisfacer las demandas del mercado. Las semillas sugeridas para cultivar en Nicaragua son resistentes al mosaico común y dorado, y sus colores y brillos son muy apreciados por los clientes nacionales e internacionales.

- Ver anexo ilustración 17 Pág. 48
- Ver anexo ilustración. 18 Pág. 76

#### **6.24.2. Método de siembra**

Se trata de poner las semillas en las mejores condiciones para que germine y se desarrolle la planta. Hay varios tipos según cómo se esparcen las semillas en el suelo.

Aunque se puede realizar manualmente y mecanizando, existen otras técnicas como:

**Al Voleo:** consiste en distribuir las semillas de manera uniforme sobre el suelo.

**Frijol tapado:** se usa para colocar semillas en las malezas y luego cortarlas para servir como cobertura seca y proteger el suelo de la radiación solar.

**A golpes:** Plantar semillas de una a tres veces en el lugar deseado para que germinen.

**A chorrillo:** las semillas se distribuyen en líneas paralelas para obtener la mayor cantidad posible.

#### **6.24.3. Raleo**

Se realiza cuando aparece la tercera hoja trifoliada, es decir, 15 días después de la siembra, y consiste en reducir el número de plantas en un área, garantizando la densidad de poblacional en el lote.

#### **6.24.4. Riego**

Se pueden aplicar 1 a 2 riegos por semana, manteniendo una humedad de 8 a 10 cm de profundidad, dependiendo de la textura del suelo.

#### **6.24.5. Fertilización.**

El cultivo necesita una gran cantidad de fósforo durante la fase de floración ha llenado de vainas. Si hay escasez de este nutriente, las flores y las vainas de la planta se caerán.

Las recomendaciones para la fertilización del frijol se basan en el principio que la especie responde a las aplicaciones de fertilizantes preferible con alto contenido de fósforo. Es fijador de Nitrógeno.

- Ver anexo figura 19. Pág. 76.
- Ver anexo figura 20. Pág. 76

#### **Aporque.**

Se recomienda en los primeros días de crecimiento vegetativo (20 – 25 dds). Se debe tener cuidado de no dañar el sistema radicular y el tallo, ya que si esto ocurre pueden ocasionar daño al cultivo.

#### **6.24.6. Control de malezas.**

El período crítico de competencia por malezas comienza el primer día hasta los 25 a 30 días después de haber emergido el frijol, por lo que el productor debe mantener el cultivo libre de malezas durante este período.

- El control cultural se refiere a la preparación adecuada del terreno, con o sin labranza, utilizando las herramientas básicas para destruir la maleza.
- Control químico: antes de la germinación del cultivo, se aplican herbicidas pre emergente para combatir las malezas.
- Ver anexo figura 21. Pág. 77.
- Ver anexo figura 22. Pág. 77

## 6.24.7. Control de Plagas y sus enfermedades.

### Plagas y su control.

#### 1. Gallina ciega (*Phyllophaga* spp).

**Daño:** se alimentan de las raíces, debilitan y matan las plántulas, a menudo se observan en parches bien definidos en el cultivo.

**Control:** preparación del suelo 15 das. Las larvas quedan expuestas al sol, las que mueren por insolación o son depredadas por pájaros. También se puede realizar tratamiento al suelo.

- Ver anexo figura 23. Pág. 77

#### 2. Gusano alambre (*Agriotes* sp.)

**Daño:** las plantas se marchitan en la base de los tallos, atacan el sistema radicular provocando acame en la planta (doblamiento). **Control:** buena preparación y desinfección del suelo. Aplicar Lorsban 5%G a razón de 15 lb/ mz.

- Ver anexo figura 24. Pág. 78

#### 3. Babosa del frijol (*Sarasinula plebeia*)

**Daño:** se alimenta de toda la planta y el mayor daño lo causa por la noche. **Control:** Metaldehído 5% y Caracolex dosis de aplicación según indicaciones del panfleto.

- Ver anexo figura 25, Pag 74

#### 4. Chicharrita verde (*Empoasca kraemeri*)

**Daño:** se alimenta de la hoja del frijol. **Control:** Dimetoato + Cipermetrina, Tigre 25 EC a razón de 0.75 L/ mz.

- Ver anexo figura 26. Pág. 79

#### 5. Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*)

**Daño:** infecta a la planta con virus del mosaico dorado, hojas se ponen amarillas, no forman vainas y no producen granos.

**Control:** Imidacloprind a razón de 20gr/ bombada.

Durante el ciclo del cultivo se tuvieron incidencias de mosca blanca desde los primeros 5 días hasta esta etapa de floración y cosecha los primeros 21 días fueron los más críticos por lo tanto se realizaron aplicaciones semanales de Engeo y Cipermetrina con dosis de 4ml por litro de agua.

- Ver anexo figura 27. Pág. 79

#### **6.24.8. Enfermedades más comunes y su control.**

##### **6.24.9.1. Mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*) (*Rhizoctonia solani* Kühn)**

**Daño:** pequeñas manchas de aspecto acuoso y color café claro, rodeadas de borde oscuro, aparecen en las hojas y crecen, se unen y forman manchas más grandes. Las manchas tienen pequeños hilos blancos o café claro que se unen entre sí. La vaina sufre daños oscuros y acuosos.

**Control:** se realizan mediante la aplicación foliar de Benomilo en dosis de 8 oz/mz; Carbendacina en dosis de 500 cc/mz; y el sulfato de cobre pentahidratado (Phython) en dosis de 0,5 a 0,7.

##### **6.24.9.2. Tizón común o requema amarilla (*Xanthomonas axonopodis*; sin. *Xanthomonas campestris*)**

**Daño:** comienza como pequeñas manchas acuosas en las hojas que se oscurecen, se vuelven más grandes y se unen para dar el aspecto de quema, con un borde amarillo claro. Las vainas tienen manchas húmedas pequeñas de color café oscuro con bordes rojizos.

**Control:** Aplicar sulfato de cobre pentahidratado (Phython) en dosis de 0,5 a 0,75 litros por mililitro/mz.

##### **6.24.9.3. Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*)**

**Daño:** Manchas pequeñas, alargadas y ligeramente hundidas que crecen a lo largo y pueden quebrar los tallos en plantas jóvenes. Las venas principales están quemadas y de color rojizo oscuro debajo de las hojas. Las vainas exhiben los signos más evidentes, con manchas redondas, hundidas y borde rojizo.

**Control:** Rotación de cultivo y semilla certificados, tratamiento de semillas con Benomilo en dosis de 100 gramos por kilogramo de semilla.

#### **6.24.9.4. Mancha Angular (*Phaeoisariopsis griseola*).**

**Daño:** Las hojas pueden tener pequeñas manchas de color gris o café que crecen y se unen, de forma cuadrada o triangular y borde amarillento. Se pueden ver pequeños bastoncitos grises por debajo de la mancha en la hoja. Las plantas adultas experimentan la caída y el amarilla miento de las hojas inferiores. Las vainas tienen manchas circulares de color café o rojizo con un borde más oscuro.

**Control:** Aplicar Benomilo al follaje en una dosis de 4 oz/mz. La semilla debe ser tratada con Carboxin + captan (Vitavax 300) en dosis de 75-100 g por kilogramo de semilla. Sulfato de cobre pentahidratado (Phython) de 0,75 a 1 litro por hectárea.

#### **6.24.9.5. Mosaico común (BCMV)**

**Daño:** ataca follaje, vainas y semillas.

**Control:** todos los cultivares mejorados son resistentes al mosaico común, uso de semilla certificada de variedades mejoradas.

#### **6.24.9.6. Mosaico Dorado (BGYMV)**

**Daño:** en las hojas se observa un moteado de tonos amarillos, con venas más blancas de lo normal. La hoja puede enrollarse hacia la parte inferior. Las vainas se deforman y producen semillas pequeñas y descoloridas.

**Control:** todos los cultivares mejorados son resistentes al mosaico dorado.

#### **6.24.10. Cosecha y Post cosecha.**

Estimación de la cosecha Se debe estimar la población de plantas por área para calcular la inversión necesaria, usando la siguiente fórmula:

- Ver anexo figuras 28. Pág. 79
- Ver anexos figuras 29. Pág. 80

##### **6.24.10.1. Procedimiento para estimación de rendimiento por manzana**

- Seleccionar 10 plantas al azar en una manzana.

- Cortar las vainas de las 10 plantas y desgranarlas.
- Pesar la cantidad de granos y obtener el peso promedio por planta.
- Multiplicar el promedio por la cantidad de plantas / mz.

#### **6.24.10.2.Criterios para la determinación del periodo de cosecha.**

Se determina su periodo de cosecha con los siguientes criterios:

- La madurez fisiológica de la planta incluye cambios en el color del follaje (de verde y amarillo), así como cambios en el color de la epidermis de las vainas (de verde a rojo, morado) o blanco, según la variedad utilizada), el grano crece y pierde humedad antes del desgrane.
- Destino de la producción (mercado nacional o internacional, consumo seco de grano y semilla).

#### **6.24.10.3.Secado del follaje.**

Las plantas se recolectan y transportan al lugar de secado en tendales de alambre después de que alcancen su madurez, lo que requiere de 3 a 4 días de sol. Las plantas pueden cubrirse con plástico grueso o carpas impermeables después de secarse para evitar que las vainas se humedecen y pierden la calidad del grano cosechado debido al pre germinación o al manchado del grano.

#### **6.24.10.4.Aporreo.**

Una vez que las plantas están secas se debe iniciar el aporreo, el cual se puede efectuar de forma manual o mecanizada con una humedad del grano de 15 a 18%.

#### **6.24.10.5.Secado de Grano.**

El frijol seco tiene poca posibilidad de calentamiento, se evita el deterioro físico por la proliferación de insectos y hongos. El secado puede hacerse colocando los granos de frijol sobre un plástico, sobre una superficie de cemento (patio de secado), o bien, utilizar secadores con aire caliente, hasta conseguir que la humedad se reduzca entre 11 a 13%. (INTA, 2017)

## **6.25. HIPOTESIS DE INVESTIGACION**

### **Hipótesis Nula (H0):**

La aplicación de diferentes tratamientos durante el ciclo productivo agrícola de 2023 no tiene un impacto significativo en la productividad del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

### **Hipótesis Alternativa (H1):**

La aplicación de diferentes tratamientos durante el ciclo productivo agrícola de 2023 tiene un impacto significativo en la productividad del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

## VII. DISEÑO METODOLOGICO

### 7.1. Materiales y métodos.

#### 7.1.1. Ubicación

El estudio se estableció en la comunidad rural Guachipilín del municipio de Dolores, departamento de Carazo. En colaboración del señor José del Carmen Romero Chávez, en las coordenadas geográficas 11° 83 ' 87.79" de latitud Norte 86° 22' 50.56 " longitud Oeste en colaboración de la organización "Good Neighbors".

#### *Ilustración 1*

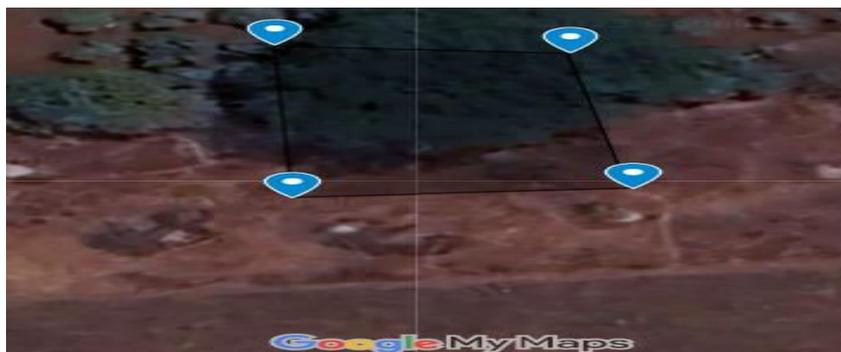
#### *Macro localización del área de estudio.*



Fuente:(INETER, s.f)

#### *Ilustración 2*

#### *Ubicación (Micro-localización) Google Maps.*



Fuente: (Maps, 2023).

### 7.1.2. Microclima

Esta zona presenta temperatura media de 24.6°C, Máxima de 25.1 °C, precipitaciones de 529, durante el periodo productivo 2023, humedad relativa promedio de 87%, horas luz 5.6, vientos Medios 0.025 km/h, Máximos 0.041 km/h en dirección este y se encuentra a una altitud de 442 msnm. (INETER, Estacion Metereologica , 2023).

**Tabla 1**

**Ciclo productivo 2023. Resumen meteorológico diario.**

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA							
Ciclo Productivo 2023 RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO							
Temperatura °C		Humedad relativa %	Precipitación (mm).	Evaporación	B.Solar Hras/dc	N. Bajas Nh	Vientos ( km/h)
Periodo (Octubre, Noviembre y Diciembre)	Media						
		Suma	808.4		174.2	371	
Media	24.6	87	26.1	106	5.6	12	0.025
Máx	25.1	92	104.4	15.1	8.7	17	0.041
Min	23.6	84	0.8	6.3	1.8	7	0.01

## VIII. DISEÑO EXPERIMENTAL.

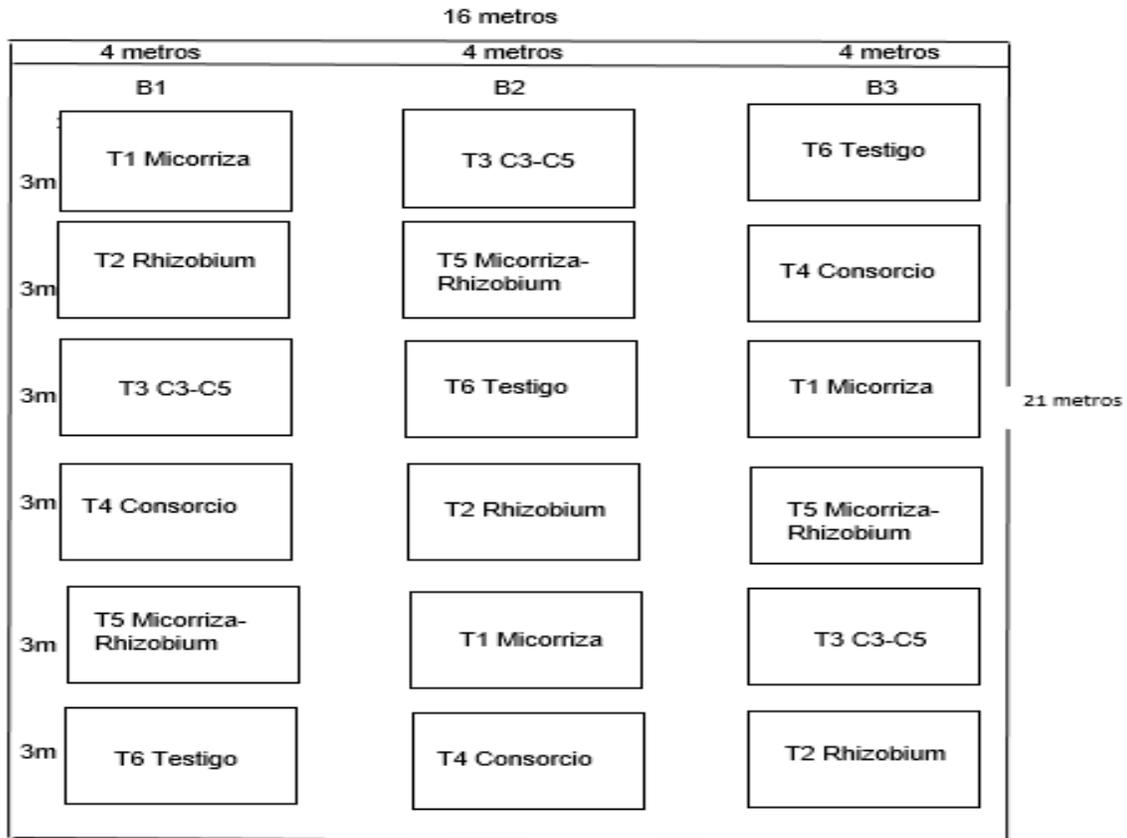
Según Gemmell (2002) en algunos experimentos las unidades experimentales no son homogéneas, es decir, algunas tienen características diferentes a las demás. Para garantizar el experimento se agrupan las unidades experimentales por su homogeneidad aplicándoles los tratamientos, así se evalúa el efecto Bloques

El diseño experimental que se utilizó fue bloques completamente al azar (BCA) con 3 repeticiones, las parcelas fueron constituida de 6 surcos de 4 m de largo, espaciadas en 0.5 m por surco, constando de 12 m<sup>2</sup>, por parcela, utilizando una parcela útil de 4 surcos dejando 2 surcos por extremo de la parcela experimental

Para evitar efectos de bordes que puedan interferir con los análisis.

### Ilustración 3

#### Diseño experimental BCA.



(Fuente propia, 2023)

#### 8.1 Área de la parcela.

6, surcos de 4m

$3\text{ m (0.50 cm entre surco)} \times 4\text{ m de largo} = 6\text{ m}^2$

#### 8.2 Área útil.

Surcos centrales  $4 \times 0.50\text{ cm} \times 4 = 8\text{ m}^2$

#### 8.3 Área Total del ensayo

21 m de largo

$21\text{ m}^2 \times 6\text{ tratamientos} \times 3\text{ repeticiones} = 378\text{ m}^2.$

Se realizaron 18 parcelas de  $4 \times 3\text{ m}$ .

## 8.4 Tratamientos.

**Tabla 2**

### **Tratamientos.**

TRATAMIENTOS		
T1	Micorrizas	Hongo arbusculares(Simbiosis)
T2	Rhizobium	Bacterias Fijadoras de (N)
T3	Bs-fC3,Bs-fC5	Bacteria solubilizadoras de fosfato ( Cepas)
T4	Bs-fC3-C5 Rhizobium- Micorrizas	Consorcio (Unión de todos los tratamientos)
T5	Micorrizas Rhizobium	Bacteria –Hongos
T6	TESTIGO	Manejo convencional (Químico).

(Fuente propia, 2023).

## IX. Variables a medir

Las variables fisiológicas fueron evaluadas a los 5 ddg, realizándose toma de datos 2 veces por semana para un total de 7 toma de datos realizadas durante 3 semanas y medias; se dejaron de tomar datos 27 ddg. (Días después de germinado).

### 9.1. Variables Fisiológicas

- **Altura de planta (cm):** Se tomó desde el nivel del suelo, hasta el ápice de la hoja, trifoliada, tomando 5 plantas al azar, durante su desarrollo fenológico.
- **Diámetro de tallo (cm)** Para el diámetro se realizaron medidas de grosor del tallo en su base a 5 plantas al azar por cada tratamiento, con un pie de rey, en los estados fenológicos a evaluarse hasta los (V4) 27 dds.

- **Numero de hojas (Unid):** De igual forma a medida que se realizaron las demás variables; se contaron la cantidad de hojas obtenidas a 5 plantas al azar desde la germinación hasta los 27ddg.

## 9.2. Variables de Rendimiento:

- **Número de vainas/planta:** Se tomó el número de vainas de 10 plantas por tratamiento al azar en la etapa de llenado de grano R8 y se dividió entre 10 para obtener el promedio de número de plantas.
- **Numero de granos/vainas:** Se utilizaron las mismas vainas, que se emplearon al contar las vainas por plantas, posteriormente se contaron el número de granos por vainas de la misma planta. Y se dividió entre 10 para obtener promedio.
- **Rendimiento:** De cada parcela útil, se tomará el metro cuadrado ( $m^2$ ) de biomasa y grano, se pesará la biomasa y grano de cada  $m^2$  de todas las parcelas a los 65 días después de germinado y se obtendrá una sub muestra de 500 g por cada parcela para obtener los datos de rendimientos, con una humedad en el grano de 14%.
- **Análisis de fosforo:** El contenido de fósforo total en tejido vegetal se determina después de una digestión con ácido o después de la calcinación de la muestra, el fósforo se convierte, por medio de oxidación, en la forma de fosfato, el cual se puede leer por colorimetría, en los suelos, el método más común para determinar el fósforo es el método de azul de molibdeno (Murphy 1962). La planta aprovecha el fósforo del suelo en la forma de los aniones fosfato dihidrógeno ( $H_2 PO_4 O$  fosfato monohidrógeno ( $HPO_4^2.O$  dependiendo del pH del suelo. El contenido de fósforo en el tejido normalmente está entre 0.1 hasta 0.5 % del peso seco. Mencionado por (A & I.L, 1993.)

**Tabla 3**

**Variables a medir.**

<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>ETAPA/ DDS</b>	<b>UM</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
<i>FISIOLOGICA</i>			
Altura de la planta	V3-27	Cm	Cinta métrica
Diámetro del tallo			Vernier
Número de hojas /plantas	V3-20/27	Unid	Libreta
<b>RENDIMIENTO</b>			
Número de vainas/plantas.	R8-55	Unid	Libreta
Número de granos/vainas.	R8-55	Unid	Libreta
Rendimiento	R8-65	G	Báscula
Análisis de fósforo	V4-22		Laboratorio

(Fuente propia, 2023).

## **X. MANEJO DE LA INVESTIGACION**

### **10.1. Material Biológico y fertilizante.**

#### **10.1.1. Características de la variedad.**

La variedad de semilla de frijol utilizada en la investigación fue “INTA Nutritivo”, una de las características principales de esta variedad es que posee una semilla mejorada que mide de 22 a 24 centímetros, tolerante a sequía y es resistente a enfermedades como: mosaico dorado, mosaico común y la mancha angular, tiene una capacidad de reproducción de 68 a 72 días, número de vainas por plantas es de 13 a 23 vainas para un total de 5 a 7 granos de semilla por vaina. (INTA, variedad de frijol INTA-Nutritivo, 2022)

#### **10.1.2. Preparación de terreno.**

En la actividad de la preparación del terreno se realizó inicialmente limpieza 8 días previos a la siembra utilizando una chapodadora mecánica, para la preparación del área y establecimiento se utilizó arado con tracción animal, distancia entre surco de 50cm método de siembra a chorrillo, antes de establecer la siembra se realizó fertilización edáfica general para todos los bloques como medio de activación de los microorganismos utilizando 10 lb de urea 46%, luego procedimos a inocular la semilla mediante el método de recubrimiento utilizando los tratamientos: cepas solubilizadoras de fosfato (BS-F) dosis 10 ml, Rizobium, y Micorriza dosis 5 gr las semillas utilizadas fueron pesadas 245 gr y etiquetadas por tratamiento dentro de bolsas cipro dejando actuar por 30 minutos, a la cual se aplicó 2 gotas de aceite para garantizar la inoculación. A los 12 dds se realizó raleo de plántulas con distancia de 10cm; durante todo el periodo del cultivo se realizó control de malezas mecánico con azadón a los 15 dds se realizó fertilización edáfica a las parcelas testigo utilizando 8 lb de 18-46-00; luego la segunda fertilización general para la parcela se realizó a los 22 dds utilizando 15 lb de urea 46% la limpieza de las calles se realizó los primeros días semanal luego cada 15 días hasta que el cultivo alcanzara una cobertura de las calles, la variedad de semilla de frijol que se utilizó en la experimentación es INTA Nutritivo, debido a sus características nutritivas con

alto contenido de hierro y zinc (Biofortificado), además posee buenas características culinarias, que permite mayor aceptación en la dieta

Se realizó manejo agroecológico de manera preventiva durante el estudio para garantizar la efectividad de cada uno de los microorganismos utilizando (fungicidas, insecticidas y bacterias biológicas). Por cada tratamiento se realizaron 18 parcelas de 4X3 m.

**Tabla 4**

***Inoculación de la semilla Phaseolus Vulgaris L. y tratamientos.***

<b>Inoculación de la semilla de Phaseolus Vulgaris.</b>				
Tratamiento	Método	Día de aplicación.	Dosis	Duración (minutos)
Micorriza	Recubrimiento de la semilla.	Momento de la siembra.	5 g de tratamiento y 2 gotas de aceite.	30
Rhizobium				
Cepas solubilizadoras de fosfato (BS-F)				

(Fuente propia, 2023)

## **XI. ANALISIS.**

### **11.1. Análisis Estadístico.**

Una vez recopilados los datos de las variables, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el modelo BCA con análisis de varianza y separación de medias mediante la prueba de Tukey para comparación múltiple con el 95%.de confianza. Además, se realizó un análisis de estimación de riesgo para evaluar el comportamiento de los rendimientos de los tratamientos en estudio. Este análisis se llevó a cabo utilizando el programa estadístico Infostat.

El método de Tukey, aplicado en el ANOVA, se utiliza para generar intervalos de confianza que abarcan todas las diferencias en pares entre las medias de los niveles de los factores. Este método controla la tasa de error por familia a un nivel especificado, ajustando el nivel de confianza simultáneo resultante al valor predeterminado (Minitab, 2023).

## XII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 12.1. Efectos de los tratamientos según variables fisiológicas.

#### 12.1.1. Altura de la Planta

Según los análisis realizados y datos obtenidos de acuerdo a las variables evaluadas de los tratamientos; micorriza obtuvo un mayor desarrollo en cuanto altura de la planta con 18.55 cm seguida de Rhizobium 18.49 cm y consorcio 18.35cm en comparación al testigo que tuvo un poco menor la altura no siendo mucha la diferencia con 18.10cm promedial.

#### **Cuadro 1**

##### ***Análisis de la varianza Altura de la planta.***

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Altura de Planta	18	0.25	0.00	4.73

##### ***Análisis de la Varianza (SC tipo III).***

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	2.42	7	0.35	0.46	0.8398
Bloque	1.40	2	0.70	0.94	0.4217
Tratamiento	1.01	5	0.20	0.27	0.9180
Error	7.44	10	0.74		
<u>Total</u>	<u>9.86</u>	<u>17</u>			

#### **Cuadro 2**

##### ***Test de Tukey Altura de planta.***

***Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.36535***

*Error: 0.7442 gl: 10*

##### ***Bloque Media n E.E.***

2	18.57	6	0.35	A
1	18.27	6	0.35	A
<u>3</u>	<u>17.89</u>	<u>6</u>	<u>0.35</u>	<u>A</u>

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

**Test: Alfa=0.05 DMS=2.44651.**

Error: 0.7442 gl: 10

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Micorriza	18.55	3	0.50 A
Rhizobium	18.49	3	0.50 A
Consortio	18.35	3	0.50 A
Testigo	18.10	3	0.50 A
Bsf C3 y C4	18.03	3	0.50 A
<u>Micorr + Rhizo</u>	<u>17.92</u>	<u>3</u>	<u>0.50 A</u>

(INFOSTAT)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El ANDEVA realizado con un 95% y 99% de Confianza demuestra que ningún tratamiento muestra diferencias significativas entre sí, en cuanto a la variable Altura de la planta evaluado. Aceptando la hipótesis nula planteada en este estudio.

### **Tabla 5**

#### **Análisis de la varianza de la Altura de la planta.**

Análisis de Varianza de Altura de la planta						
Fuente de variacion	S. de C.	G.L	C.M	Fcal	F 5%	F 1%
Bloque	1.407771429	2	0.70388571	0.94666323	4.103	7.559
Tratamiento	1.00647483	5	0.20129497	0.2707237	3.326	5.636
Error	7.435439456	10	0.74354395			
Total	9.849685714	17				

(Fuente propia, 2023)

El método de evaluación Para el análisis de varianza utilizado es el de comparacion con tabla Fisher si el Fisher calculado es menor que los datos de tabla del 95% y 99% no existe diferencia significativa.

### 12.1.2. Diámetro del Tallo.

Consortio obtuvo mayor grosor de tallo según medias con 3.79 mm en comparación a los otros tratamientos y al testigo el cual también demostró desarrollo en grosor con 3.70mm.

#### **Cuadro 3**

##### **Análisis de la varianza Diámetro del tallo.**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Diámetro de tallo	18	0.87	0.78	3.13

##### **Análisis de la varianza (SC tipo III).**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	0.89	7	0.13	9.68	0.0009
Bloque	0.74	2	0.37	28.21	0.0001
Tratamiento	0.15	5	0.03	2.26	0.1271
Error	0.13	10	0.01		
<u>Total</u>	<u>1.02</u>	<u>17</u>			

#### **Cuadro 4**

##### **Test de Tukey Diámetro del tallo.**

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.18128.**

Error: 0.0131 gl: 10

Bloque Media n E.E.

1	3.92	6	0.05	A
2	3.64	6	0.05	B
<u>3</u>	<u>3.43</u>	<u>6</u>	<u>0.05</u>	<u>C</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.32482**

Error: 0.0131 gl: 10

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Consortio	3.79	3	0.07 A
Testigo	3.70	3	0.07 A
Bsf C3 y C4	3.69	3	0.07 A
Micorr + Rhizo	3.68	3	0.07 A
Rhizobium	3.61	3	0.07 A
<u>Micorriza</u>	<u>3.50</u>	<u>3</u>	<u>0.07 A</u>

(INFOSTAT)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El ANDEVA realizado con un 95% y 99% de Confianza demuestra que ningún tratamiento muestra diferencias reales entre sí, en cuanto al Diámetro evaluado.

El Bloque si contribuyo a mejorar la precisión de los datos experimentales con un 95% y 99% de certeza Aseguramos que el efecto del bloque contribuyó a un mejor desarrollo del tallo, según los datos siendo altamente significativo \*\*.

**Tabla 6**

**Análisis de varianza Diámetro del tallo.**

Análisis de Varianza del Diametro del Tallo(mm)						
Fuente de variacion	S. de C.	G.L	C.M	Fcal	F 5%	F 1%
Bloque	0.74209796	2	0.37104898	28.4505206	4.103	7.559
Tratamiento	0.1443034	5	0.02886068	2.21291911	3.326	5.636
Error	0.13041905	10	0.0130419			
Total	1.01682041	17				
			C.V	3.11822174		

(Fuente propia.)

El método de evaluación Para el análisis de varianza utilizado es el de comparacion con tabla Fisher si el Fisher calculado es < que los datos de tabla del 95% y 99% no existe diferencia significativa. Y si son > si existe diferencia significativa

### 12.1.3 Número de hojas

El testigo obtuvo mayor número de hojas con 9.76 en promedio mientras que consorcio presentó 9.60 en promedio esto siendo reflejado en campo.

#### **Cuadro 5**

##### ***Análisis de varianza Número de hojas.***

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV

N de Hojas 18 0.46 0.08 7.57

##### ***Análisis de la Varianza (SC tipo III).***

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	4.14	7	0.59	1.21	0.3772
Bloque	1.73	2	0.86	1.77	0.2193
Tratamiento	2.41	5	0.48	0.99	0.4699
Error	4.87	10	0.49		
<u>Total</u>	<u>9.01</u>	<u>17</u>			

#### **Cuadro 6**

##### ***Test de Tukey Número de hojas.***

***Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.10488.***

*Error: 0.4874 gl: 10*

Bloque Medias n E.E.

<u>2</u>	<u>9.56</u>	<u>6</u>	<u>0.29</u>	<u>A</u>
<u>1</u>	<u>9.30</u>	<u>6</u>	<u>0.29</u>	<u>A</u>
<u>3</u>	<u>8.81</u>	<u>6</u>	<u>0.29</u>	<u>A</u>

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.97980.**

Error: 0.4874 gl: 10

Tratamiento Medias n E.E.

Testigo	9.76	3	0.40	A
Consortio	9.60	3	0.40	A
Micorr + Rhizo	9.32	3	0.40	A
Bsf C3 y C4	9.03	3	0.40	A
Rhizobium	8.82	3	0.40	A
<u>Micorriza</u>	<u>8.81</u>	<u>3</u>	<u>0.40</u>	<u>A</u>

(INFOSTAT)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

ANDEVA realizado con un 95% y 99% de confianza demuestra que ningún tratamiento muestra diferencias significativas entre sí, en cuanto la variable N° de hojas evaluado.

**Tabla 7**

**Análisis de varianza Número de hojas.**

Análisis de Varianza del N° de Hojas						
Fuente de variación	S. de C.	G.L	C.M	Fcal	F 5%	F 1%
Bloque	1.68444444	2	0.84222222	1.717660334	4.103	7.559
Tratamiento	2.38335601	5	0.476671202	0.972141549	3.326	5.636
Error	4.90331066	10	0.490331066			
Total	8.97111111	17				
			C.V	23.06026487		

(Fuente propia.)

El método de evaluación Para el análisis de varianza utilizado es el de comparación con tabla Fisher si el Fisher calculado es menor que los datos de tabla del 95% y 99% no existe diferencia significativa.

## 12.2 Efecto de los tratamientos, según variables de rendimiento.

### 12.2.1 Peso de Biomasa total (g/m<sup>2</sup>)

#### **Cuadro 7**

#### **Análisis de la varianza Peso de biomasa total (g/m<sup>2</sup>).**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Peso de Biomasa Total gm	18	0.71	0.50	14.82

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1634965.72	7	233566.53	3.46	0.0375
Bloque	215494.11	2	107747.06	1.60	0.2501
Tratamiento	1419471.61	5	283894.32	4.21	0.0255
Error	674588.56	10	67458.86		
Total	2309554.28	17			

#### **Cuadro 8**

#### **Test de Tukey Peso de biomasa (g/m<sup>2</sup>).**

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=411.06893**

Error: 67458.8556 gl: 10

Bloque Medias n E.E.

3 1897.33 6 106.03 A

2 1726.83 6 106.03 A

1 1633.00 6 106.03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=736.57777**

Error: 67458.8556 gl: 10

Tratamiento Medias n E.E.

Testigo 2343.00 3 149.95 A

Bsf C3 y C4 1735.33 3 149.95 A B

Consorcio 1734.33 3 149.95 A B

Micorriza 1683.33 3 149.95 A B

Rhizobium 1527.00 3 149.95 B

Micorr + Rhizo 1491.33 3 149.95 B

(INFOSTAT)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El ANDEVA realizado con un 95% y 99% de confianza demuestra que ningún tratamiento muestra diferencias significativas entre sí, en cuanto a la variable biomasa total.

El bloque si contribuyó a mejorar la precisión de los datos con un 95% aseguramos que el efecto bloque influyó en el peso de biomasa total, por metro cuadrado, siendo significativo\*.

**Tabla 8**

**Análisis de varianza Biomasa total (g/m<sup>2</sup>).**

Análisis de Varianza de Biomasa Total						
Fuente de variación	S. de C.	G.L	C.M	Fcal	F 5%	F 1%
Bloque	215494.1111	2	107747.056	1.59722626	4.103	7.559
Tratamiento	1419471.611	5	283894.322	4.20840703	3.326	5.636
Error	674588.5556	10	67458.8556			
Total	2309554.278	17				

(Fuente propia, 2023)

El método de evaluación para el análisis de varianza utilizado es el de comparación con tabla Fisher si el Fisher calculado es < que los datos de tabla del 95% y 99% no existe diferencia significativa. Y si son > si existe diferencia significativa

## 12.2.2 Número de vainas/m<sup>2</sup>.

### Cuadro 9

#### Análisis de la varianza Número de vainas/m<sup>2</sup>.

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
N Vainas / m <sup>2</sup>	18	0.66	0.42	20.99

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	9287.06	7	1326.72	2.76	0.0708
Bloque	5782.11	2	2891.06	6.02	0.0192
Tratamiento	3504.94	5	700.99	1.46	0.2850
Error	4801.22	10	480.12		
Total	14088.28	17			

### Cuadro 10

#### Test de Tukey Número de vainas/m<sup>2</sup>.

##### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=34.67936

Error: 480.1222 gl: 10

##### Bloque Medias n E.E.

3	129.00	6	8.95	A
1	97.33	6	8.95	A B
2	86.83	6	8.95	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

##### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=62.14054

Error: 480.1222 gl: 10

##### Tratamiento Medias n E.E.

Testigo	129.67	3	12.65	A
Bsf C3 y C4	111.33	3	12.65	A
Rhizobium	103.67	3	12.65	A
Consorcio	103.33	3	12.65	A
Micorriza	92.00	3	12.65	A
Micorr + Rhizo	86.33	3	12.65	A

(INFOSTAT)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

El ANDEVA realizado con 95% y 99% de confianza, nos demuestra que ningún tratamiento tiene diferencias reales entre sí, cuanto al número de vainas por planta.

El bloque si contribuyó a mejorar la precisión de los datos con un 95% aseguramos que el efecto bloque influyó en el número de vainas por metro cuadrado, siendo significativo\*.

**Tabla 9**

**Análisis de varianza Número de vainas/m<sup>2</sup>.**

Análisis de Varianza de Numero de vainas						
Fuente de variacion	S. de C.	G.L	C.M	Fcal	F 5%	F 1%
Bloque	5782.11111	2	2891.05556	6.02149916	4.103	7.559
Tratamiento	3504.94444	5	700.988889	1.46002175	3.326	5.636
Error	4801.22222	10	480.122222			
Total	14088.2778	17				

(Fuente propia, 2023)

El método de evaluación Para el análisis de varianza utilizado es el de comparacion con tabla Fisher si el Fisher calculado es < que los datos de tabla del 95% y 99% no existe diferencia significativa. Y si son > si existe diferencia significativa

**12.2.3 Peso de vainas (g /m<sup>2</sup>).**

**Cuadro 11**

**Análisis de la varianza Peso de vainas (g/m<sup>2</sup>).**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso de vainas g /m <sup>2</sup>	18	0.77	0.61	21.29

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	157299.00	7	22471.29	4.85	0.0127
Bloque	97400.33	2	48700.17	10.52	0.0035
Tratamiento	59898.67	5	11979.73	2.59	0.0942
Error	46299.00	10	4629.90		
Total	203598.00	17			

## Cuadro 12

### Test de Tukey Peso de vainas (g/m<sup>2</sup>).

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=107.69139**

Error: 4629.9000 gl: 10

Bloque Medias n E.E.

3	423.17	6	27.78	A
2	277.00	6	27.78	B
1	258.83	6	27.78	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=192.96784**

Error: 4629.9000 gl: 10

Tratamiento Medias n E.E.

Testigo	428.00	3	39.28	A
Consortio	343.67	3	39.28	A
Rhizobium	323.00	3	39.28	A
Bsf C3 y C4	306.00	3	39.28	A
Micorriza	261.33	3	39.28	A
Micorr + Rhizo	256.00	3	39.28	A

(INFOSTAT)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

El ANDEVA realizado con un 95% y 99%, de confianza nos demuestra que no hay diferencia significativa entre tratamientos, en cuanto a la variable Peso de vainas (g) por metro cuadrado.

El bloque si contribuyó a mejorar la precisión de los datos experimentales con un 95% y 99% de certeza, podemos asegurar que el efecto del bloque favoreció el pesaje de las vainas por metro cuadrado, según los datos siendo significativo \*\*

**Tabla 10**

**Análisis de varianza de Peso de vainas (g).**

Análisis de Varianza de Peso de Vainas (gr)						
Fuente de variación	S. de C.	G.L	C.M	Fcal	F 5%	F 1%
Bloque	97400.3333	2	48700.1667	10.5186217	4.103	7.559
Tratamiento	59898.6667	5	11979.7333	2.58747129	3.326	5.636
Error	46299	10	4629.9			
Total	203598	17				

(Fuente propia, 2023)

El método de evaluación Para el análisis de varianza utilizado es el de comparación con tabla Fisher si el Fisher calculado es < que los datos de tabla del 95% y 99% no existe diferencia significativa. Y si son > si existe diferencia significativa

**12.2.4 Peso de Biomasa (g/m<sup>2</sup>).**

**Cuadro 13**

**Análisis de la varianza Peso de biomasa (g/m<sup>2</sup>).**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso de Biomasa gm/m <sup>2</sup>	18	0.66	0.42	16.55

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	898558.33	7	128365.48	2.75	0.0715
Bloque	43476.33	2	21738.17	0.47	0.6403
Tratamiento	855082.00	5	171016.40	3.67	0.0381
Error	466207.67	10	46620.77		
Total	1364766.00	17			

### Cuadro 14

#### Test de Tukey Peso de biomasa (g/m<sup>2</sup>).

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=341.73139

Error: 46620.7667 gl: 10

Bloque Medias n E.E.

2 1364.17 6 88.15 A

3 1307.00 6 88.15 A

1 1243.83 6 88.15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=612.33464

Error: 46620.7667 gl: 10

Tratamiento Medias n E.E.

Testigo 1774.67 3 124.66 A

Micorriza 1302.67 3 124.66 A B

Bsf C3 y C4 1256.00 3 124.66 A B

Consorcio 1208.00 3 124.66 A B

Micorr + Rhizo 1166.67 3 124.66 A B

Rhizobium 1122.00 3 124.66 B

(INFOSTAT)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El ANDEVA realizado con un 95% y 99%, de confianza nos demuestra que no hay diferencia significativa entre tratamientos, en cuanto a la variable Biomasa (g) por metro cuadrado.

### Tabla 11

#### Análisis de varianza Biomasa (g).

Análisis de Varianza de Peso de biomasa (gr)						
Fuente de variación	S. de C.	G.L	C.M	Fcal	F 5%	F 1%
Bloque	43476.3333	2	21738.1667	-24882.6	4.103	7.559
Tratamiento	855082	5	171016.4	3.66824512	3.326	5.636
Error	466207.667	10	46620.7667			
Total	1364766	17				

(Fuente propia, 2023)

### 12.2.5 Número de Vainas / Planta.

Después de haber obtenido datos de rendimiento con el análisis de INFOSTAT, demuestra que el testigo obtuvo mayor cantidad de vainas con un promedio de 10.67 siendo predominante; así mismo consorcio y Bsf muestra promedio de misma cantidad de vainas con 9.33.

#### **Cuadro 15**

##### ***Análisis de varianza Número de vainas/planta.***

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
N de Vainas/ planta	18	0.79	0.64	6.16

##### ***Análisis de la Varianza (SC tipo III).***

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	11.89	7	1.70	5.27	0.0095
Bloque	2.11	2	1.06	3.28	0.0805
Tratamiento	9.78	5	1.96	6.07	0.0078
Error	3.22	10	0.32		
<u>Total</u>	<u>15.11</u>	<u>17</u>			

#### **Cuadro 16**

##### ***Test de Tukey Número de vainas/planta.***

***Tukey: Alfa=0.05 DMS: 0.89841***

*Error: 0.3222 gl: 10*

Bloque Medias n E.E.

3	9.67	6	0.23	A
1	9.17	6	0.23	A
<u>2</u>	<u>8.83</u>	<u>6</u>	<u>0.23</u>	<u>A</u>

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

**Test: Tukey: Alfa=0.05 DMS=1.60982**

Error: 0.3222 gl: 10

Tratamiento Medias n E.E.

Testigo	10.67	3	0.33	A
Bsf C3 y C4	9.33	3	0.33	A B
Consortio	9.33	3	0.33	A B
Micorriza	9.00	3	0.33	B
Rhizobium	8.67	3	0.33	B
<u>Micorr + Rhizo</u>	<u>8.33</u>	<u>3</u>	<u>0.33</u>	<u>B</u>

(INFOSTAT, 2024)

(INFOSTAT)

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Sin embargo, según la prueba ANOVA, no son significativamente diferentes entre sí lo que podría deberse a el efecto de interacción entre microorganismos para el desarrollo de vainas.

**Tabla 12**

**Análisis de varianza de Número de vainas/planta.**

Análisis de Varianza de Numero de Vainas / Planta						
Fuente de variacion	S. de C.	G.L	C.M	Fcal	F 5%	F 1%
Bloque	2.11111111	2	1.05555556	0.00117857	4.103	7.559
Tratamiento	9.77777778	5	1.95555556	0.00218346	3.326	5.636
Error	8956.22222	10	895.622222			
Total		17				
				CV.	997.564936	

(Fuente propia.)

El método de evaluación Para el análisis de varianza utilizado es el de comparacion con tabla Fisher si el Fisher calculado es < que los datos de tabla del 95% y 99% no existe diferencia significativa. Y si son > si existe diferencia significativa

### 12.2.5 Número de granos / Vaina.

El número de granos por Vaina no muestra diferencia significativa entre tratamientos ya que las medias de todos los tratamientos coinciden con un total de 5 granos / vaina exención de Micorriza la cual obtuvo promedio de 4.33 granos. De igual forma rechazamos la hipótesis alternativa aceptando hipótesis nula.

#### **Cuadro 17**

##### ***Análisis de varianza Número de granos/vainas.***

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
N de Granos / Vainas	18	0.69	0.47	4.82

##### ***Análisis de la varianza (SC tipo III).***

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1.22	7	0.17	3.14	0.0497
Bloque	0.11	2	0.06	1.00	0.4019
Tratamiento	1.11	5	0.22	4.00	0.0297
Error	0.56	10	0.06		
<u>Total</u>	<u>1.78</u>	<u>17</u>			

#### **Cuadro 18**

##### ***Test de Tukey Número de granos/vainas.***

***Test: Tukey: Alfa=0.05 DMS=0.37304.***

*Error: 0.0556 gl: 10*

Bloque Medias n E.E.

1	5.00	6	0.10	A
3	4.83	6	0.10	A
<u>2</u>	<u>4.83</u>	<u>6</u>	<u>0.10</u>	<u>A</u>

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Test: Tukey: Alfa=0.05 DMS=0.66844.**

Error: 0.0556 gl: 10

Tratamiento Medias n E.E.

Testigo 5.00 3 0.14 A  
 Rhizobium 5.00 3 0.14 A  
 Micorr + Rhizo 5.00 3 0.14 A  
 Bsf C3 y C4 5.00 3 0.14 A  
 Consorcio 5.00 3 0.14 A  
Micorriza 4.33 3 0.14 A

(INFOSTAT)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El análisis de ANDEVA realizado, con un 95% y 99% de confianza, nos demuestra que no hay diferencia significativa entre tratamiento en la variable evaluada.

**Tabla 13**

**Análisis de varianza de número de granos/vainas.**

Análisis de Varianza de Numero de granos/ vaina						
Fuente de variacion	S. de C.	G.L	C.M	Fcal	F 5%	F 1%
Bloque	0.11111111	2	0.05555556	0.00021997	4.103	7.559
Tratamiento	1.11111111	5	0.22222222	0.00087989	3.326	5.636
Error	2525.55556	10	252.555556			
Total	2526.77778	17				
				CV.	718.742589	

(Fuente propia.)

El método de evaluación Para el análisis de varianza utilizado es el de comparacion con tabla Fisher si el Fisher calculado es < que los datos de tabla del 95% y 99% no existe diferencia significativa. Y si son > si existe diferencia significativa

### 12.2.6. Rendimiento qq/mz

El rendimiento en qq/Ha Muestra Diferencia significativa entre tratamiento obteniendo testigo el mayor rendimiento con 13 qq/mz de igual forma Consorcio muestran buen rendimiento con respecto al testigo con 10 qq/mz siendo el rendimiento más bajo 8 qq/mz micorriza Este comportamiento de rendimiento se puede atribuir al peso del grano, número de plantas, y numero de granos por vaina de cada tratamiento.

Los resultados obtenidos en rendimiento demuestran que para las condiciones en que fué desarrollado el experimento con efecto de bloque proporcionando ambientes diferentes, consorcio presenta relación con respecto a las demás variables analizadas. Urqueaga (1998) y Azcón (1998). Coinciden en que el uso combinado de Rhizobium y Micorriza; en este caso combinado con cepas de bacterias solubilizadoras de fosfato optimizan el proceso de fijación Nitrógeno atmosférica la absorción de elementos nutritivos y por lo tanto se estimula el desarrollo vegetal aumentando el potencial productivo de las plantas y con este estudio comprobamos la efectividad con brindada de microorganismos en comparación del efecto por separado. Estadísticamente no siendo significativo en comparación numéricamente la diferencia es mínima.

#### **Cuadro 19**

##### **Análisis de la varianza Rendimientos qq/mz.**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Rendimientos	18	0.77	0.61	21.36

El coeficiente de variabilidad está por debajo de lo que se estima.

##### **Análisis de varianza P-valor.**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	156.63	7	22.38	4.86	0.0126
Repeticiones	96.83	2	48.41	10.53	0.0035
Tratamientos	59.80	5	11.96	2.60	0.0931
Error	46.00	10	4.60		
Total	202.63	17			

En este cuadro que el P-valor tratamiento nos dice que es mayor a 0.05 por lo cual rechazamos la hipótesis planteada.

**Cuadro 20**

**Test de Tukey Rendimientos qq/mz.**

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6.08240.**

**Error: 4.5999 gl: 10**

Tratamientos	Medias	R	q/mz	n	E.E.
Testigo	13.46	3	1.24	A	
Consorcio	10.80	3	1.24	A	
Rhizobium	10.14	3	1.24	A	
BSF C3 C4	9.62	3	1.24	A	
Micorrizas	8.17	3	1.24	A	
mic /rhiz	8.05	3	1.24	A	

(INFOSTAT)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ) lo que significa que estadísticamente no hay diferencias significativas en los tratamientos. Sin embargo, solo numéricamente en rendimientos le supera el testigo.

- **Análisis estadístico.**

Los rendimientos de cada uno de los tratamientos o tecnología que se adoptó, está asociado al beneficio neto de los mismos, que se ven influenciados por los costos variables, como el precio de los inoculantes, la mano de obra para la fertilización en la cual se hicieron dos aplicaciones de Urea 46% en los tratamientos biológicos y tres en el tratamiento testigo, dos de Urea 46% y una de completo o 18-46-0, incluyendo la movilización para adquirir los inoculantes biológicos, al ser de menor tamaño no es necesario transporte de carga. Que será definido por el rendimiento de cada tratamiento y su precio real en el mercado.

12.2.7. **Análisis de fósforo:** El contenido de fósforo total en tejido vegetal se determinó según los resultados obtenidos en laboratorio después de la calcinación de la muestra, la planta aprovecha el fósforo del suelo en la forma de los aniones fosfato dihidrógeno ( $H_2 PO_4 O$  fosfato monohidrógeno ( $HPO_4^{2.O}$  dependiendo del pH del suelo. El contenido de fósforo en el tejido normalmente está entre 0.1 hasta 0.5 % del peso seco. Mencionado por (A & I.L, 1993.) demostrándose que la absorción de fósforo fue mínima al no llegar al porcentaje requerido siendo el

tratamiento testigo en el primer bloque el que más se aproxima al 0.1% con valor de 0.082% seguido de micorriza con 0.066% siendo el más bajo consorcio 0.028% mientras que en el segundo bloque consorcio es el que más se aproxima con 0.085% seguida Rhizobium de 0.077% siendo micorriza el más bajo con 0.012%. así mismo el tercer bloque obtiene los valores más bajos micorriza 0.043%, consorcio 0.027% y testigo 0.004%. estos resultados obtenidos de muestran cuales fueron los tratamientos que influyeron en la disponibilidad de fósforo para la absorción de las plantas valores que pueden ser dependientes del pH encontrado en la zona de estudio ya que según los resultados del análisis de suelo el pH determinado es de 6.35 siendo este ligeramente ácido lo cual interviene en la disponibilidad de los nutrientes.

**Tabla 14**

***Análisis de presupuesto parcial.***

<b>Análisis de presupuesto parcial</b>						
Concepto	Micorriza	Rizhobium	BS-F C3 y C4	Consorcio	Micorriza+ Rizhobium	Testigo
Rendimiento de campo (kg/ha)	817	1,014	962	1,080	805	1,346
Rendimiento ajustado al 10%	735	913	866	972	725	1211
Beneficio bruto (C\$)	52,942	65,707	62,338	69,984	52,164	87,221
<b>COSTOS QUE VARIAN</b>						
Inoculación de la semilla (C\$)	580	580	366	1526	1160	0
Mano de obra en fertilización (C\$)	400	400	400	400	400	1200
Transporte para adquirir el inoculante.	200	200	200	200	200	0
Transporte fertilizantes (C\$)	400	400	400	400	400	600
Total de costos que varían (C\$)	1380	1380	1166	2326	1960	1800
Beneficio neto (C\$)	51,562	64,327	61,172	67,658	50,204	85,421

(Fuente propia.)

**Tabla 15**

**Análisis marginal.**

<b>Análisis marginal</b>					
Tratamiento	Costos variables (C\$)	Costo marginal (C\$)	Beneficio neto (C\$)	Beneficio marginal (C\$)	TRM%
BS-F C3 y C4	1166		61,172		
Micorriza	1380		51,562		
Rizhobium	1380		64,327		
Testigo	1800		85,421		
Micorriza-Rizhobium	1960	160	50,204		
Consortio	2326	366	67,658	17,454	0.02

(Fuente propia.)

El análisis marginal determina que el uso de consorcio, como inoculante biológico tiene apenas el 0.02% de retorno de tasa marginal, lo cual indica que, a pesar de sus características agroecológicas, no representa una viabilidad económica, al adoptar esta tecnología. Aunque, puede mostrar mejor respuesta al incrementar su rendimiento, aplicando más insumos biológicos.

### 13. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, en el estudio de evaluación de consorcios de microorganismos, como inoculante biológico, en el cultivo del frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*), en la comunidad el Guachipilín, Dolores Carazo, durante el periodo de apante, ciclo productivo 2023, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Desarrollo vegetativo: la Micorriza demostró un mayor desarrollo en la altura de la planta, seguido del Consorcio y el Rhizobium, en comparación con el testigo. El análisis estadístico no reveló diferencia significativa, en la altura de la planta entre los tratamientos.
- Grosor del tallo: el Consorcio mostró mayor grosor del tallo, en comparación con los otros tratamientos. El análisis estadístico, confirmó la significación del efecto del bloque en el desarrollo del tallo.
- Número de hojas: El testigo obtuvo mayor número de hojas, en promedio en comparación con el Consorcio no se observaron diferencias significativas en el número de hojas entre los tratamientos, según el análisis estadístico.
- Biomasa total: El Consorcio, no mostró diferencia significativa en comparación con los otros tratamientos, en cuanto a la biomasa total. El bloque influyó significativamente en el peso de biomasa por metro cuadrado.
- Número de vainas: No se encontraron diferencias significativas en número de vainas por planta y por metro cuadrado, entre los tratamientos. El bloque, contribuyó significativamente al número de vainas, por metro cuadrado.
- Peso de vainas y biomasa por metro cuadrado: No hubo diferencia significativa, entre tratamientos en cuanto al peso de vainas y biomasa por metro cuadrado. El bloque demostró un efecto significativo en estos parámetros.
- Número de granos por vainas y rendimiento: El número de granos por vainas, no mostró diferencias significativamente, entre tratamientos. El tratamiento más alto se observó en el Testigo, seguido de Consorcio y BSF (Bacteria solubilizadora de fosfato).
- Viabilidad económica, aunque el Consorcio demostró buenos resultados en el desarrollo vegetativo, en el análisis marginal, indicó un retorno de tasa

marginal 0.02%, lo cual sugiere que económicamente puede no ser viable, en comparación con la fertilización.

- Consideraciones: A pesar de no ser económicamente viable el Consorcio, puede considerarse beneficioso, desde el punto de vista agroecológico, ya que optimiza la fijación de Nitrógeno y la absorción de nutrientes. En resumen, el Consorcio de microorganismos como inoculante biológico en el cultivo del frijol, mostró beneficio en términos de desarrollo y agroecología. Pero su viabilidad económica, puede ser limitada. Se sugiere, realizar estudios adicionales. Para comprender mejor la interacción de los microorganismos y optimizar el uso de estos inoculantes, en condiciones específicas.

#### 14. RECOMENDACIONES

- Optimización del consorcio: Realizar investigaciones adicionales, para Identificar combinaciones específicas y proporciones de Micorriza, Rhizobium y bacteria solubilizadoras de fosfato, que maximicen, los beneficios sin comprometer la viabilidad económica.
- Manejo integrado de nutrientes: Evaluar estrategias de Manejo integrado de nutrientes, que incluyen la combinación de inoculantes biológicos, con fertilización químicas para, maximizar la eficiencia en el uso de nutrientes y mejorar el rendimiento del cultivo.
- Ajuste de prácticas agronómicas: Adaptar las prácticas agronómicas, según las específicas de la zona de estudio, considerando factores como el clima, el suelo y la variedad del frijol utilizado.
- Monitoreo Continuo: Implementar un Sistema de monitoreo para evaluar el impacto a largo plazo del consorcio en la salud del suelo, la biodiversidad microbiana y la calidad del cultivo
- Capacitaciones a Agricultores: Brindar capacitaciones a los agricultores sobre la importancia de los inoculantes biológicos y las mejores prácticas agronómicas, fomentando la adopción de enfoques agroecológicos sostenibles
- Investigación económica adicional: Realizar estudios económicos más detallados que consideren factores como los costos de producción, los precios de los mercados y los beneficios económicos directos para evaluar la viabilidad económica a largo plazo del uso de inoculantes biológicos.
- Extensión agrícola: Establecer programas de extensión agrícola para difundir los resultados del estudio y promover la adopción de prácticas sosteniblemente los agricultores locales.
- Pruebas en diferentes condiciones: Realizar pruebas del consorcio en diferentes condiciones de suelo y clima para evaluar su eficiencia y adaptabilidad en diversos entornos.
- Fomentar investigaciones colaborativas: Fomentar la colaboración entre investigadores, instituciones académicas y agricultores locales para seguir

avanzando en la comprensión de los beneficios y de los inoculantes biológicos en el cultivo de frijol.

- Documentación de prácticas exitosas: Documentar y compartir experiencias de agricultores que hayan tenido éxito en la implementación de inoculantes biológicos, creando un banco de conocimientos que puedan beneficiar a otros productores.

Estas recomendaciones buscan mejorar la aplicación práctica de los inoculantes biológicos en el cultivo de frijol, considerando tantos aspectos agronómicos con económicos y promoviendo enfoques sostenibles en la agricultura.

## **Bibliografía**

- Moreno Ramírez , L. ( 2015 ). “BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO NATIVAS DEL VALLE DE MEXICALI: AISLAMIENTO, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN EN PLANTAS DE ALGODÓN”. Nuevo León, Mexicali, Baja California .
- Proain Tecnología Agrícola. (17 de septiembre de 2021). *Importancia de los nutrientes esenciales en las plantas*. Obtenido de (C) ProainShop-<https://proain.com/PROAIN S .DE R.L C.V>.
- .ASOPROL, G. E. (2009). Innovaciones para mejorar la competitividad de la cadena agroindustrial de granos y semillas de frijol de los socios de ASOPROL. En *Guía técnica para el cultivo de frijol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del Departamento de Boaco, Ncaragu* (pág. 1). Santa Lucía, Boaco Nicaragua .
- .JaramilloJ, D. F. (2002). *Introducción a las ciencias del suelo*. Medellín.
- 123RF. (s.f.). 123RF. Obtenido de [https://es.123rf.com/photo\\_195264619\\_microorganismos-y-biolog%C3%ADa-del-suelo-con-nematodos-y-hongos-bajo-el-microscopio-en-una-muestra-de.html](https://es.123rf.com/photo_195264619_microorganismos-y-biolog%C3%ADa-del-suelo-con-nematodos-y-hongos-bajo-el-microscopio-en-una-muestra-de.html)
- A, & I.L, M. &. (1993.). Análisis de fósforo.
- Acosta, C. (2007). El suelo agrícola un ser vivo. En *La génesis de la cultura universitaria*.
- Agroexcelencia. (2019). Capacitan en el uso de consorcios microbianos para optimizar la producción de cultivos. *Agroexcelencia*.
- AgroExcelencia. (septiembre de 2021). Capacitación en el uso de consorcio microbianos para optimizar la producción de cultivos. *agro excelencia la revista del profesional del campo*.
- Agrónomo, I. (2021). ¿Qué es la Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente? *Info Agrónomo*. Obtenido de <https://infoagronomo.net/capacidad-de-campo-y-punto-de-marchitez-permanente/>
- AlvaroG.J. (9 de mayo de 2019). *Fertibox análisis agrícolas*. Obtenido de Macro nutrientes del suelo: <https://www.fertibox.net/single-post/macronutrientes-del-suelo>.
- Asociación Vidasana. (S.F). Microorganismos del suelo y biofertilización. “*Crops for Better Soil*” *Life 10 ENV ES 471*.
- Betancourt Rodríguez, Y. H. (Abril-Junio de 2010). *Las propiedades biológicas del suelo e influencia de enfermedades para definir la zona de aplicación del laboreo localizado en los suelos arcillosos pesados*. Obtenido de Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542010000200005&script=sci\\_arttext&lng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542010000200005&script=sci_arttext&lng=en)
- Calero Hurtado, A., Pérez Díaz, Y., Quintero Rodríguez, E., Olivera Vicedo, D., & Peña Calzada, K. (2019). Efecto de la asociación entre *Rhizobium leguminosarum* y microorganismos eficientes sobre la producción del frijol común. *Ciencia y tecnología Agropecuaria*.

- Calero, & Rodriguez -Gonzales, V. (2022). Aplicacion conjunta del consorcio microorganismos beneficos y FitoMas-ElIncrementar los indicadores Agronomicos del Frijol.
- Cano, B. M. (s.f). *APLICACIÓN DE CONSORCIOS MICROBIANOS EN LA AGRICULTURA*.
- Castellanos, R. 2. (2000). Manual de interpretacion de analisis de suelos y agua. *proaim. tecnologia agricola*, 186.
- Ceibal, P. (s.f). *El agua en la huerta*. Obtenido de [https://rea.ceibal.edu.uy/elp/el-agua-en-la-huerta/porosidad\\_del\\_suelo.html](https://rea.ceibal.edu.uy/elp/el-agua-en-la-huerta/porosidad_del_suelo.html)
- Chamaco, C. E. (2022). *Análisis documental: Uso de inoculantes a base de consorcios microbianos en Pisum Sativun*. La Libertad.
- Covas., G. (s.f). *El viento y la vida de las plantas*. Argentina.
- Cruz, A. B. (Mayo-Agosto de 2004). *La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas*,. Obtenido de Revista Ecosistemas.Net:  
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572>
- CSIC. (2021). Simbiosis leguminosa-rizobio: beneficosa para las plantas, para las bacterias y para nosotros y nosotras.
- CSR Laboratorio. (2015). Obtenido de CSR Laboratorio:  
<https://csrlaboratorio.es/suelos/horizontes-estructura-clasificacion/>
- E.M. Mileydi Diaz, .. E. (2019). Efecto de bioindicadores de calidad de suelo y agua sobre el bienestar humano de la calidad el Naranajo, San Ramon, Matagalpa.
- EA.Kirkby, K. y. (2000). El suelo como medio nutritivo vegetal propiedades fisio quimicas importantes. En *principios de nutricion vegetal* (pág. 25). Basilea, Suiza: EEA INTApergamino (B) Argentina.
- edafología 1. (2011). En *edafología 1*. Colombia: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A. .
- Elena Beyhaut, E. A. (2021). *Aportes Cientificos y Tecnologicos en el INIA a las Trayectorias Agroecologicas* . Obtenido de  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/17104/1/Beyhaut-E.-el.al-Capitulo-7.pdf>
- Ethel Mileydi Díaz Gámez, E. O. (2019). *Efecto de bioindicadores de calidad de suelo y agua sobre el bienestar humano en la*. Matagalpa.
- F.A.O. (2015). *Suelos* . Obtenido de Biodiversidad.
- FAO. (2006). *Propiedades Físicas del Suelo*. Obtenido de Portal de Suelos de la FAO:  
<https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- FAO. (2013). *CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA*. Chile.
- Fertilab. (2021). *Bacterias fijadoras de nitrogeno del genero Rhizobium*.
- Fuente propia. (2023).

- Fuente propia. (s.f.).
- Gaitán Jurado Antonio de Jesús, G. M. (s.f). Fertilización. En U. E. Consejería de agricultura y pesca, *Agricultura Agroecológica*.
- García, L. (. (2017). *Metodologías de campo para determinar profundidad, densidad aparente, materia orgánica, infiltración del agua, textura y pH en el suelo*. Obtenido de Grupo SEVEN Nicaragua, : <https://cenida.una.edu.ni/documentos/NP33G216m.pdf>
- García, R. (15 de Julio de 2015). . *Efecto de sistemas de labranza en propiedades físicas del suelo y desarrollo radicular del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa W.)*. Obtenido de Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas, : <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11847>
- Gonzales.R, & Diaz.R, N. D. (2012). Efecto de la aplicacion de Rhizobium y Micorriza en el crecimiento del Frijol (Phaseolus Vulgaris L) Variedad CC-25-9 negro. Cuba.
- González, G. (2005). *Biología y regulación molecular*. México.
- Idesia. (2020). Principales aspectos de la nodulación y fijación biológica de nitrógeno en Fabáceas. *SciElo*.
- INETER. (10 de julio de 2023). Estacion Metereologica .
- INETER. (s.f).
- INFOSTAT. (s.f.).
- INFOSTAT. (2024).
- INTA. (2017). *Manual del Protagonista Granos Básicos*. INATEC. Managua - Nicaragua.
- INTA. (2022). variedad de frijol INTA-Nutritivo. *Istituto nicaraguense de tecnologia agropecuaria*, 1. Obtenido de <http://wwwwinta.gob.ni>
- Intagri. (2017). Artículos: Micorrizas, los biofertilizantes del futuro que vienen del pasado. *Intagri*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/micorrizas-biofertilizantes-del-futuro-que-vienen-del-pasado>
- INTAGRI. (2017). La conductividad Electrica del Suelo en el Desarrollo de los cultivos. *Intagri*, 5.
- intagri. (s.f). La Evapotranspiración de los Cultivos. *intagri*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-evapotranspiracion-de-los-cultivos>
- labassociates. (s.f.). Peptonas para lab CTV y semillas. *labassociates*.
- Labs, P. (22 de Octubre de 2018). VARIABLES METEOROLÓGICAS: VIENTO Y HUMEDAD. Obtenido de <http://elobservadorm.blogspot.com/2018/10/variables-meteorologicas-viento-y.html>
- LASAF. (2023). *Instituto Nicaraguense de Tecnologia Agropecuaria Laboratorio de Suelos y Agua Fidel Castro Ruz*. Posoltega : INTA R II.

- Llenardi, L. P. (2016). *Pendiente del terreno* . Obtenido de [https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/documentos\\_tecnicos/hydre/5.4.4.1.2.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/documentos_tecnicos/hydre/5.4.4.1.2.pdf)
- López Báez, W. R. (2018). *Diagnóstico de la compactación en suelos cultivados con maíz en la Región Fraylesca, Chiapas*. Obtenido de Revista mexicana de ciencias agrícolas, : [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342018000100065](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342018000100065)
- MAG.INTA.IPSA. (s.f.). Granos Basicos. En I. N. PROFESIONAL, *Manual del protagonista* (pág. 21).
- MAG.INTA.IPSA. (s.f.). *Ministerio Agropecuario y Forestal (MAG), Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA)*. Nicaragua .
- Maps, G. (2023). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com>maps>
- Mediña Peñafiel, A. (2006). *Estudio de la interaccion entre inoculante microbianos y residuos agroindustriales biotransformados para su uso en estrategias de revegetacion y bioremediacion*. granada.
- Mendoza, J. (2019). . Potencialidades de los Biofertilizantes como Alternativa a los Fertilizantes Químicos. *Revista de Investigaciones Altoandinas*.
- Mendoza.J. (2019). DESCIFRANDO EL CONTENIDO MICROBIANO DE BIOINSUMOS COMERCIALES PARA EL DISEÑO DE UN CONSORCIO CON POTENCIAL BIOFERTILIZANTE. 15.
- Mercurio, E. (2016). Diagnóstico visual, práctica de campo una mirada visual a la condición física del suelo. *El Mercurio*.
- meteoblue. (2023). *meteoblue*.
- Meteopedia. (s.f). *Meteopedia*. Obtenido de Clima.
- Microbiologia . (2014). Obtenido de <http://agro.unc.edu.ar/microbiologia/wp-content/uploads/2014/unidad-4-ecologia.pdf>
- Miguel A, T. R. (2009). El halomorfiso, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones.FAUBA. En *Alteraciones de la fertilidad de los suelos*. Buenos Aires.
- Minitab. (2023). Que es el metodo de tukey para comparaciones multiples. *Soporte de Minitab(R)* 21. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/helb-and-how-to/statistical-modeling/anova/supportin-t...>
- Moreno Ramírez, Lizbeth. (2015). *"BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO NATIVAS DEL VALLE DE MEXICALI: AISLAMIENTO, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN EN PLANTAS DE ALGODÓN"*. Nuevo León, Mexicali, Baja California.
- Moreno.E.N. (2016). EFECTO DE UN CONSORCIO DE RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO DEL PEPINO. *revista mitigacion del daño ambiental agroalimentario y forestal de Mexic.*,8.
- Mota, j. c. (2021). Formacion de un consorcio bacteriano para el manejo organico de lasiodiplodia pseudotheobromae agente causal de la pudricion en fruta de mang. Region Xalapa.

- Muegue, L. D. (2018). *Análisis de las características fisicoquímicas de dos tipos de suelos ubicados en la vía Becerril, La Jagua de Ibirico en el departamento del Cesar*. Obtenido de Revista Agunkuyãa: <https://revia.areandina.edu.co/index.php/Cc/article/view/1550>
- navarra.es. (s.f). Meteorología y climatología de Navarra. *navarra.es*. Obtenido de <http://meteo.navarra.es/definiciones/elementosfactores.cfm>
- Ochoa Carreño, D., & Montoya Restrepo, A. (2010). *Consortio microbiano: una metáfora bio.lógica aplicada a la asociatividad empresarial en cadenas productivas agropecuarias*. Colombia. propia, F. (s.f.).
- Químico, T. L. (5 de 10 de 2017). ¿Qué es la Evaporación? *TP. Laboratorio Químico*. Obtenido de <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/procedimientos-basicos-de-laboratorio/evaporacion.html>
- redacción., E. d. (2023). Precipitación. *GEOenciclopedia*. Obtenido de <https://www.geoenciclopedia.com/precipitacion-20.html>
- Rivera, F. L., & Blandón, E. E. (2013). *Caracterización de tres variedades de semillas criollas del frijol (Phaseolus vulgaris)*. Matagalpa .
- Rojas, M. Á. (2013). *Estimación de niveles erosivos en suelos con cultivo de piña en Sarapiquí*. Obtenido de Repertorio Científico: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/repertorio/article/view/594>
- Rural, S. d. (2018). Micorriza, una alternativa sustentable de fertilización. *Rural, Secretaría de Agricultura y Desarrollo*.
- SEPOR. (2017). *Infiltración del agua en el suelo. Importancia y métodos para medirla*. Obtenido de Portal Frutícola.com: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/09/04/infiltracion-del-agua-en-el-suelo-importancia-y-metodos-para-medirla/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20infiltraci%C3%B3n%20del,en%20forma%20vertical%20y%20horizontal>.
- Serrano, M. P.-L. (2022). *IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RIZOBACTERIAS NATIVAS FIJADORAS DE NITRÓGENO DE Capsicum sp. DE LA REGIÓN CARIBE COLOMBIANA*. Bolivia. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/journal/130/1303297004/>
- Singer, M. J. (2000). *Calidad del suelo. Manual de ciencia del suelo*. . Fl, USA: Prensa CRC, Boca Ratón,.
- Symborg. (2023). Mejor absorción de nutrientes mayor tolerancia al estrés y patógenos Microorganismos simbióticos. *Symborg*.
- tiene, V. C. (09 de julio de 2022). *Punto De Marchitez Permanente Y Temporal En Las Plantas*. Obtenido de EOS Data Analytics: <https://eos.com/es/blog/punto-de-marchitez-permanente/>

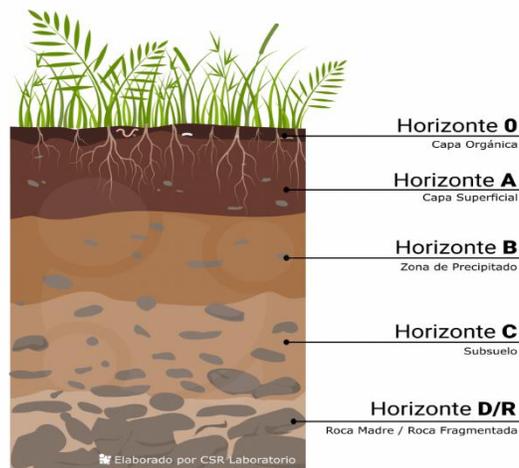
- Torres, & Rocha. (2022). *Microbiología funcional en 10 agroecosistemas con diferentes órdenes de suelo y manejados con enfoques de producción agroecológico y convencional, Nicaragua, 2021*. managua, Nicaragua.
- Torres, M. (2020). Mejoramiento de la fertilización fosfatada en la asociación ryegrass y trébol rojo mediante el uso de bacterias solubilizadoras de fosfato. 6.
- Trichodex. (2016). Bacterias solubilizadoras de fósforo y su importancia en la agricultura. *Trichodex GrupoFertiberia*.
- Valverde, C. (S.f). Inoculantes microbianos.
- Wadsworth, F. H. (2000). *Producción forestal para América tropical*. . Obtenido de Departamento de Agricultura de los EE. UU., Servicio Forestal.:  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=kx7N9UasnGIC&oi=fnd&pg=PR15&dq=moteado+del+suelo+y+su+abundancia+Graham,+2000&ots=HmypBHvA8n&sig=YI3TPyE38eC6K\\_OjUc\\_m4VHUMwM#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=kx7N9UasnGIC&oi=fnd&pg=PR15&dq=moteado+del+suelo+y+su+abundancia+Graham,+2000&ots=HmypBHvA8n&sig=YI3TPyE38eC6K_OjUc_m4VHUMwM#v=onepage&q&f=false)

## 15. ANEXOS

### ANEXO 1 Ilustraciones

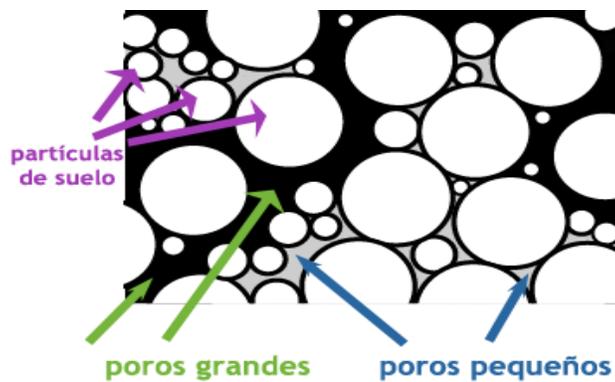
#### 1.1 Características edáficas del suelo.

**Ilustración 4**  
**Horizontes del suelo.**



Fuente: (CSR Laboratorio, 2015).

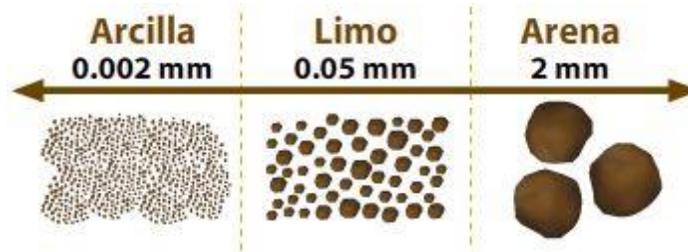
**Ilustración 5**  
**Porosidad del suelo.**



Fuente: (Ceibal, s.f).

### Ilustración 6

#### Tamaño de las partículas del suelo.



Fuente: (Gaitán Jurado Antonio de Jesús, s.f)

### Ilustración 7

#### Capacidad de campo y punto de marchitez permanente.



Fuente: (Agrónomo, 2021)

### Ilustración 8 Cálculo de densidad aparente y densidad real.



Fuente: (F.A.O, 2015)

## Ilustración 9

### Clasificación de ácidos del suelo.

pH de solución del suelo	Categoría
Menor de 4	Suelo extremadamente ácido
4.5 – 5.0	Suelos muy fuertemente ácidos
5.1 – 5.5	Suelos fuertemente ácidos
5.6 – 6.0	Suelos medianamente ácidos
6.1 – 6.5	Suelos ligeramente ácidos
6.6 – 7.3	Suelos neutros
7.4 – 7.8	Suelos medianamente básicos
7.9 – 8.4	Suelos moderadamente básicos
8.5 – 9.0	Suelos fuertemente básicos
Mayor 9.1	Suelos muy fuertemente básicos

Fuente: (edafología 1, 2011).

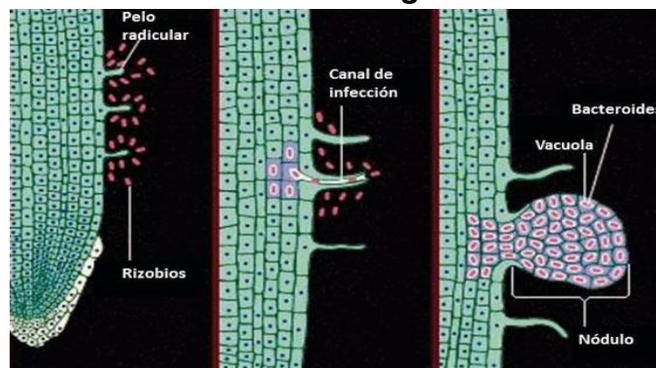
## 1.2 Factores Biológicos Suelo –Planta

### Ilustración 10 Biología en una muestra de suelo con nemátodos y hongos.



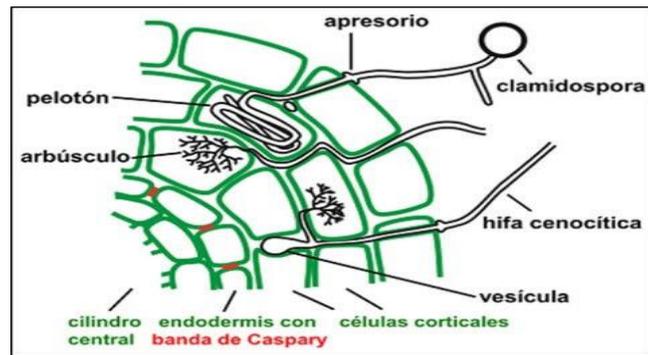
Fuente: (123RF, s.f.)

### Ilustración 11 Simbiosis leguminosa-rizobios.



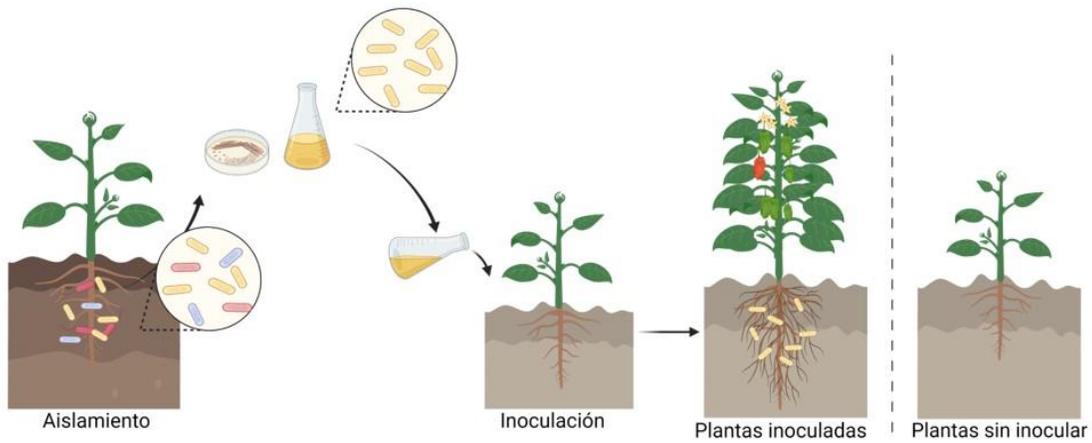
Fuente: (CSIC, 2021)

**Ilustración 12 Descripción una micorriza arbuscular.**



**Fuente:** (Intagri, 2017)

**Ilustración 13 Interacción inoculante, planta, suelo.**



**Fuente:** (Serrano, 2022)

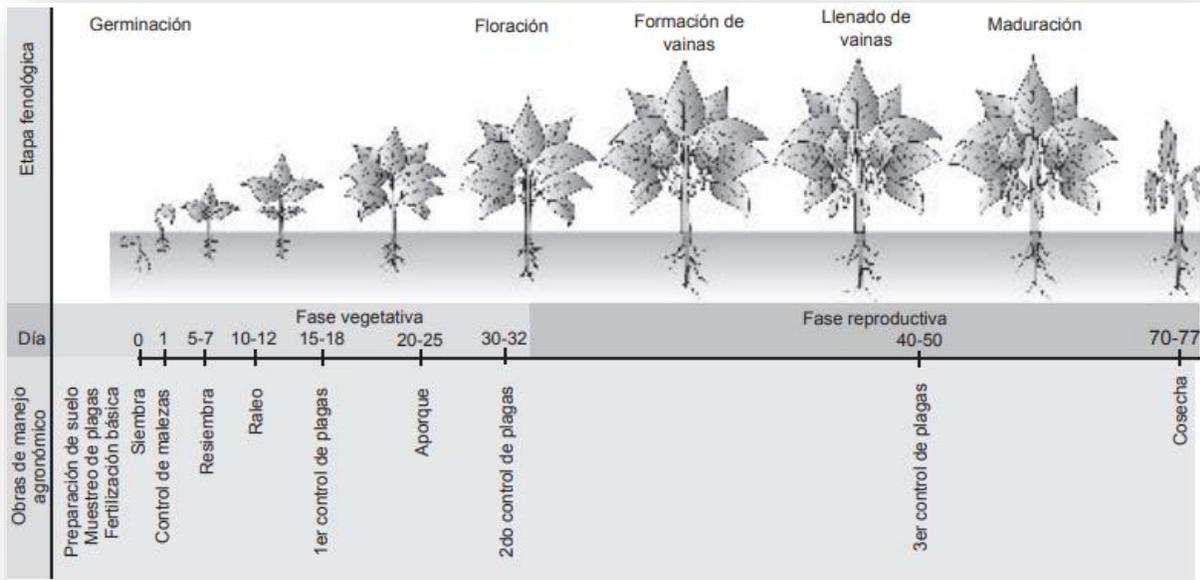
**Ilustración 14 Cronología y evolución del sistema nacional de registro de calidad de inoculantes.**



Fuente: (Elena Beyhaut, 2021)

**1.3 Características del frijol**  
**Ilustración 15**

**Etapas fenológicas y sus obras de manejo agronómico principales.**



Fuente: (INTA, 2017)

### **Ilustración 16**

#### **Variedades criollas.**

Características	Variedades	
	Frijol rojo nica	Frijol seda
Días emergencia	5	6
Vigor predominante de la planta	bueno	bueno
Días a floración	excelente	36
Altura de planta en cm	60	50
Días a la madurez fisiológica	55	50
Días a cosecha	65	70
Color predominante de la vaina	rojo	rojo
Número de vainas por planta	25	22
Longitud de la vaina	10.2	10
Número de semillas por vaina	7	7
Color de semilla	rojo	rojo
Peso de 100 semillas en gramos	23	24
Rendimiento qq/mz	21	18

Fuente: (INTA, 2017)

### **Ilustración 17**

#### **Variedades mejoradas**

Características	Variedades				
	INTA Cárdenas (DOR-500)	INTA Rojo	INTA Fuerte sequía	INTA Nutritivo	INTA Matagalpa
Polinización	Auto polinizado				
Color de semilla	negro opaco	rojo claro	rojo oscuro brillante	rojo	rojo brillante
Origen	México	Honduras	Colombia	Colombia	Honduras
Madurez a cosecha (días)	77 - 79	75 - 77	74 - 77	75 - 77	75 - 77
Rendimiento (qq/mz)	22 - 24	30 - 35	19	30 - 35	30 - 35
Tolerancias	Resistente a mosaico común, tolerante a mosaico dorado y mancha angular	Resistente al mosaico común y dorado. Tolerante a mancha angular	Resistente a sequía, mosaico común y dorado		

Fuente: (INTA, 2017)

### Ilustración 18

#### Fertilización del frijol.

Aplicaciones		Formulación	Cantidad a aplicar	Momento de Aplicación
1	Básica	18-46- 0, 12-24-12	1 qq	A la siembra o 10 dds (días después de la siembra)
		0-0-60	2 a 3 qq/mz	
2	Foliar	Hidróxido de potasio	1 L/mz	--
3	Foliar	Hidróxido de potasio, cobre	1 L/mz	--

Fuente: (INTA, 2017)

### Ilustración 19 Ilustración marco de plantación.

Tipo de siembra	Distancia entre surcos (cm)	Número de plantas por metro lineal	Profundidad (cm)	Plantas/mz
Tracción animal	45 - 60	12 - 15	2 - 3	150,000 – 190,000
Sembradora Automática	40 - 60	12 - 15	2 - 3	150,000 – 190,000

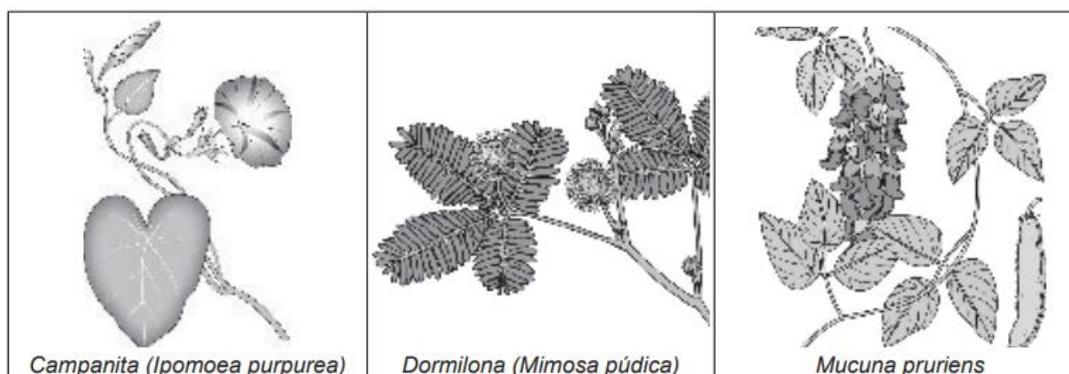
Fuente: (INTA, 2017)

### Ilustración 20 Control químico de malezas en el frijol.

Momento de aplicación		Tipo de maleza	
		Gramíneas	Hojas anchas
Antes de la siembra (12 a 15 días)		Glifosato (1.0 L/mz)	Glifosato (1.0 L/mz)
Antes de la germinación (1 ó 2 dds)	Arado y grabeo	Pendimentalin (1.25 L/mz)	Pendimentalin (1.25 L/mz)
	Minima labranza y presencia de malezas	Glifosato (0.7 L/ mz)	Glifosato (0.7 L/ mz)
Después de la germinación		Fluazifop p-Butil (1.0 L/ mz)	Bentazón (1.5 L/mz), Fomesafen (1.0 L/ mz)

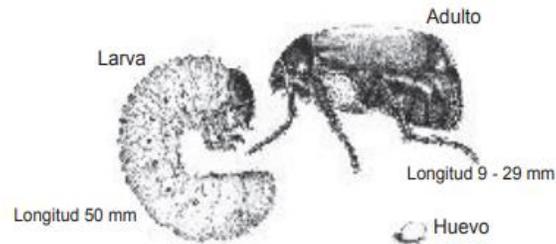
Fuente: (INTA, 2017)

### Ilustración 21 Malezas más comunes en el frijol.



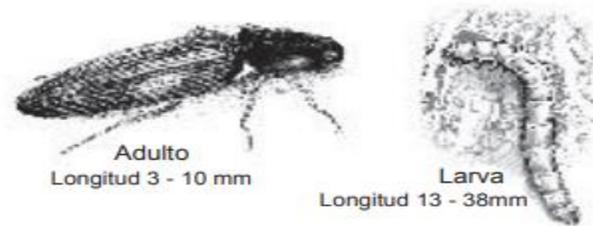
Fuente: (INTA, 2017)

**Ilustración 22**  
**Gallina ciega (*Phyllopagea Spp.*).**



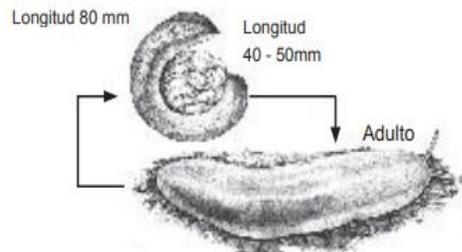
**Fuente:** (INTA, 2017)

**Ilustración 23 Gusano alambre (*Agriotes sp.*).**



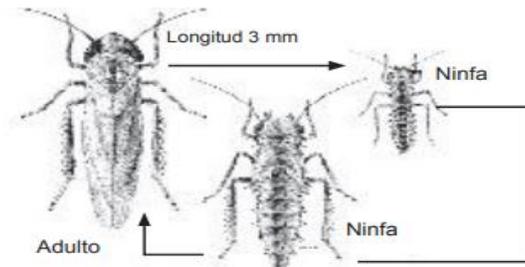
**Fuente:** (INTA, 2017)

**Ilustración 24 Babosa del frijol (*Sarasinula plebeia*).**



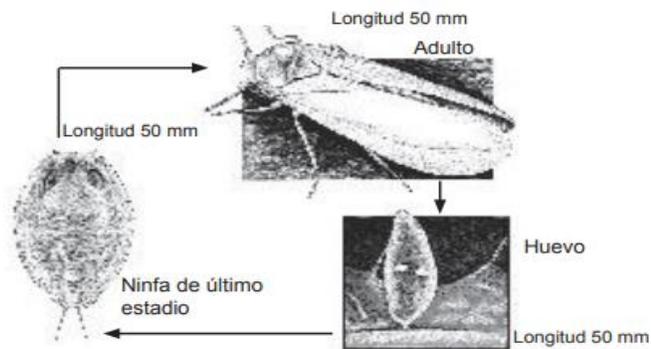
**Fuente:** (INTA, 2017)

**Ilustración 25 Chicharrita verde (*Empoaska kraemeri*).**



**Fuente:** (INTA, 2017)

**Ilustración 26 Mosca blanca (*Bemisia Tabaci*).**



**Fuente:** (INTA, 2017)

**Ilustración 27 Estimación de cosecha.**

$$\text{Plantas por área (pulg)} = \frac{(\text{Largo del área})}{(\text{Distancia entre golpe})} \times \frac{(\text{Ancho del área} \times 2 \text{ plantas/golpe})}{(\text{Distancia entre surco})}$$

**Fuente:** (INTA, 2017)

**Ilustración 28**

**Ilustración de densidad de plantas/mz (para una manzana).**

$$\text{Plantas por área (pulg)} = \frac{84 \text{ m} \times 40 \text{ pulg}}{8 \text{ pulg}} \times \frac{84 \text{ m} \times 40 \text{ pulg}}{24 \text{ pulg}} \times 2 \text{ plantas/golpe} = 117,600 \text{ plantas/mz}$$

**Fuente:** (INTA, 2017)

## ANEXO 2 Tablas

### Condiciones del Experimento Tabla 16

#### Resumen meteorológico durante el ciclo del cultivo.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES							
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA							
Octubre de 2023							
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO							
	Estación:	CAMPOS AZULES /			Código:	690129	
	Departamento:	MASAYA			Municipio:	MASATEPE	
	Latitud:	11°53'59"			Longitud:	86°08'59"	
	Años:	2023			Elevación:	470 msnm	
					Tipo:	HMP	
Temperatura °C		Humedad relativa %	Precipitación mm	Evaporación Pana (mm)	B.Solar Hras/dc	N. Bajas Nh	Vientos ( m/seg)
Día	Media						
10	25.3	88	1.6	3.1	9.1	5	0.9
11	25.2	89	7.2	1.9	6.2	4	0.8
12	24.7	90	5.5	4.4	5.2	5	0.3
13	24.9	90	8.2	2.6	5.2	5	0.8
14	24.5	90	19.4	3.3	6.4	5	0.3
15	24.8	90	1.6	3.1	3.5	7	0.7
16	24.4	89	37.2	1.9	5.1	4	0.5
17	24.4	86	68.5	3.7	9.2	3	2.1
18	24.9	84	0.7	4.2	11.0	2	2.3
19	24.6	85	0.8	5.6	9.5	3	3.0
20	25.2	84	0.2	3.0	7.4	2	1.5
21	24.0	90	19.8	3.0	4.3	6	1.1
22	24.5	85	0.0	5.2	9.3	1	3.3
23	24.2	85	18.5	3.3	6.0	4	0.9
24	23.8	91	0.3	3.4	2.7	6	2.4
25	24.8	86	5.6	2.6	6.7	3	1.8
26	24.8	88	6.7	1.8	6.2	5	0.6
27	24.4	89	0.0	3.4	6.4	6	1.2
28	24.2	90	20.9	1.5	1.3	5	1.3
29	22.9	93	7.1	1.4	0.0	4	0.0
30	22.6	96	43.0	2.2	0.5	5	0.9
31	22.8	95	72.0	1.7	0.2	5	1.2
-	-	<b>SUMA</b>	<b>344.8</b>	-	<b>121.4</b>	<b>95</b>	-
<b>Media</b>	<b>24.4</b>	<b>88.8</b>	<b>15.7</b>	<b>3.0</b>	<b>5.5</b>	<b>4</b>	<b>1.3</b>
<b>Max</b>	<b>25.3</b>	<b>96.0</b>	<b>72.0</b>	<b>5.6</b>	<b>11.0</b>	<b>7</b>	<b>3.3</b>
<b>Min</b>	<b>22.6</b>	<b>84.0</b>	<b>0.7</b>	<b>1.4</b>	<b>0.0</b>	<b>1</b>	<b>0.0</b>

(INETER, Estacion Metereologica , 2023)

**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES**

**DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA**

**Noviembre de 2023**

<b>RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO</b>							
<b>Temperatura °C</b>		<b>Humedad relativa %</b>	<b>Precipitación mm</b>	<b>Evaporación</b>	<b>B.Solar Hras/dc</b>	<b>N. Bajas Nh</b>	<b>Vientos ( m/seg)</b>
<b>Día</b>	<b>Media</b>			<b>Pana (mm)</b>			
1	23.8	92	22.3	2.2	3.2	6	0.2
2	23.9	90	7.2	2.8	3.4	5	0.5
3	24.2	89	22.7	4.2	3.8	4	0.5
4	24.3	89	12.0	3.9	2.8	7	1.7
5	24.6	87	103.5	2.0	5.8	4	1.5
6	24.6	88	0.0	2.1	6.4	4	1.0
7	25.4	86	0.4	3.8	7.9	4	1.8
8	25.1	84	0.0	3.9	7.4	4	3.3
9	25.4	80	0.0	3.9	9.8	1	4.7
10	25.6	84	0.6	4.5	9.7	2	2.3
11	24.5	86	0.9	3.9	2.5	3	3.7
12	24.9	87	4.9	4.5	7.9	4	4.6
13	24.2	88	0.0	4.7	5.4	4	3.3
14	24.9	84	0.0	5.2	9.1	2	1.8
15	24.9	85	0.0	3.9	9.8	2	2.0
16	24.8	89	17.1	2.1	4.6	4	0.3
17	24.2	92	19.3	2.3	1.8	5	0.2
18	23.3	94	29.2	2.2	0.3	6	0.2
19	23.7	90	0.0	2.0	4.4	6	0.8
20	23.7	86	5.5	3.3	7.9	3	1.6
21	24.0	89	4.4	2.2	2.1	6	0.0
22	24.7	82	0.0	3.6	9.6	1	4.2
23	24.3	83	1.5	3.3	2.8	3	2.7
24	24.0	86	0.3	3.2	1.9	5	1.9
25	24.0	87	4.8	1.9	5.3	4	4.6
26	23.4	92	11.0	1.9	0.4	6	2.6
27	24.7	84	0.0	7.8	3.0	3	6.6
28	24.8	79	0.0	5.6	9.9	2	5.7
29	24.4	85	0.1	2.7	5.9	3	4.7
30	23.8	89	0.1	2.7	2.4	6	4.8
31	-	-	-	-	-	-	-
		<b>Suma</b>	<b>267.8</b>	<b>-</b>	<b>157.2</b>	<b>119</b>	<b>-</b>
<b>Media</b>	<b>24.4</b>	<b>87</b>	<b>8.9</b>	<b>3.4</b>	<b>5.2</b>	<b>4</b>	<b>2.5</b>
<b>Max</b>	<b>25.6</b>	<b>94</b>	<b>103.5</b>	<b>7.8</b>	<b>9.9</b>	<b>7</b>	<b>6.6</b>
<b>Min</b>	<b>23.3</b>	<b>79</b>	<b>0.6</b>	<b>1.9</b>	<b>0.3</b>	<b>1</b>	<b>0.0</b>

(INETER, Estacion Metereologica , 2023)

**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES**

**DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA**

**Diciembre de 2023**

RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO							
Temperatura °C		Humedad relativa %	Precipitación mm	Evaporación	B.Solar Hras/dc	N. Bajas Nh	Vientos ( m/seg)
Día	Media			Pana (mm)			
1	25.1	84	4.4	4.6	5.3	3	4.1
2	24.4	86	0.0	3.5	5.6	3	1.9
3	25.3	85	20.0	4.0	7.7	3	2.2
4	24.7	88	0.2	4.9	7.3	4	2.8
5	25.0	84	0.9	4.9	8.4	4	4.6
6	25.4	84	11.5	4.2	10.2	2	1.8
7	24.6	88	0.0	5.2	6.8	5	3.3
8	24.2	86	4.7	4.3	4.1	3	2.4
9	25.0	86	5.5	3.4	7.5	5	2.4
10	24.1	90	1.0	2.9	0.0	7	3.5
11	25.6	82	1.0	4.9	5.7	3	5.5
12	24.3	92	12.8	3.0	0.6	7	2.4
13	24.1	92	7.1	1.6	2.5	8	3.5
14	25.1	84	0.0	3.0	10.4	4	5.8
15	23.7	89	3.0	4.2	4.6	5	4.1
16	24.0	88	0.1	4.1	2.4	6	5.3
17	23.6	89	2.9	2.1	0.1	4	4.1
18	24.7	82	0.0	2.7	6.7	4	5.2
19	25.4	82	0.0	7.1	10.6	2	5.5
20	25.4	84	0.8	3.4	8.5	4	5.6
21	26.2	83	0.0	5.0	9.3	4	3.9
22	25.7	87	15.6	4.8	7.0	5	2.6
23	24.2	89	5.2	4.9	5.4	5	3.9
24	24.8	84	0.2	3.5	4.2	4	4.3
25	24.8	83	4.7	4.9	7.9	3	5.8
26	24.8	84	0.0	4.8	9.1	3	5.3
27	24.5	88	0.0	3.9	1.0	2	2.6
28	25.4	84	0.3	4.0	7.1	2	2.3
29	25.3	85	0.0	4.9	7.7	5	3.7
30	24.5	90	11.9	2.7	2.5	5	2.6
31	25.2	87	4.7	4.6	7.3	4	2.9
	-	<b>Suma</b>	<b>118.5</b>	-	<b>183.5</b>	<b>128</b>	-
<b>Media</b>	<b>24.8</b>	<b>86</b>	<b>3.8</b>	<b>4.1</b>	<b>5.9</b>	<b>4</b>	<b>3.7</b>
<b>Max</b>	<b>26.2</b>	<b>92</b>	<b>20.0</b>	<b>7.1</b>	<b>10.6</b>	<b>8</b>	<b>5.8</b>
<b>Min</b>	<b>23.6</b>	<b>82</b>	<b>0.8</b>	<b>1.6</b>	<b>0.0</b>	<b>2</b>	<b>1.8</b>

(INETER, Estacion Metereologica , 2023)

## 2.1 Características edáficas del experimento Análisis de suelo

Resultado de muestra de suelo

### INFORMACIÓN GENERAL

Nombre del cliente: José del Carmen Romero/ Good Neighbors Nicaragua

Número de cédula:

Coordenadas: X:

Comunidad:

Y:

Municipio

Finca: Lote N.105

Departamento

Profundidad de muestreo:

Cultivo anterior:

Cultivo a establecer: Frijol

Código de muestreo:

Técnico muestreador:

Fecha de muestreo: 04/10/2023

Cantidad de muestra:

Fecha de ingreso al LASAF: 10/11/20 Fecha de informe: 27/11/2023

### Tabla 17 Resultados e interpretación de fertilidad de suelo

						Intercambiables				
ELEM ENTO	Ph	CE	MO	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	C.I.C.E
UNIDAD		ms/cm	%	%	Ppm	meq/100 gr	meq/100 gr	meq/100 gr	meq/100 gr	cmol(+)/Kg
<b>RESULTADOS</b>	6.35	0.07	4.48	0.22	ND	1.20	8.28	1.50	NA	10.98
<b>VALORACIÓN</b>	BAJO	BAJO	ALTO	ALTO	ND	ALTO	MEDIO	ALTO	NA	BAJO
Elementos menores						Textura de suelo				
ELEM ENTO	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Arcilla	Limo	Arena	Textura	
UNIDAD	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	%	%	%	franco arenosa	
<b>RESULTADOS</b>	NA	NA	NA	NA	NA	17	26	57		
<b>VALORACIÓN</b>	NA	NA	NA	NA	NA					
CATIONES SOLUBLES										
Acidez intercambiable		CIC	Pb	Cd	DA	DR	K	Ca	Mg	
UNIDAD	cmol(+)/Kg	cmol(+)/Kg	mg/kg	mg/kg	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	meq/100 g			
<b>RESULTADOS</b>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
<b>VALORACIÓN</b>	NA	NA	NA	NA				NA	NA	NA
Métodos utilizados:										
pH y CE: Potenciométrico 1:2.5		Cationes: Acetato de amonio Ph 7								<b>ND:No detectado</b> <b>NA:No analizado</b>
MO: Walkley & Black		Elementos menores: Doble ácido								
N Total: En base a MO		Boro: Agua caliente								
Fósforo:Olsen		Textura: Bouyoucos								

#### Observaciones:

- Elemento limitante el fósforo.

Fuente: (LASAF, 2023)

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA FIDEL CASTRO RUZ (LASAF) INTA R II**

**Resultados BROMATOLOGICO**

**INFORMACION GENERAL**

**Nombre del cliente:** Good Neighbors Nicaragua

**Comarca:**

**Municipio:**

**Descripción:**

**Recipiente en que se recibe la muestra** Bolsa Kraf

**: Fecha de muestreo:** **Cantidad de muestra:** 18

**Fecha de ingreso al LASAF:** 16/01/2024 **Fecha de informe:** 24/1/2024

**Tabla 18 Resultados en tejido vegetal Análisis de Fosforo**

Análisis	Código	Unidad	Resultado	Método
Fósforo	101	%	0.066	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	102	%	0.051	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	103	%	0.036	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	104	%	0.028	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	105	%	0.048	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	106	%	0.082	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	201	%	0.012	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	202	%	0.077	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	203	%	0.048	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	204	%	0.025	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	205	%	0.019	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	206	%	0.085	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	301	%	0.004	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	302	%	0.027	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	303	%	0.043	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	304	%	0.017	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	305	%	0.010	Digestión seca y Colorimetría
Fòsforo	306	%	0.012	Digestión seca y Colorimetría

**ND :No**

**NA: No**

**Observaciones**

Los Resultados pertenecen a la muestra recibida en el laboratorio  
La muestra sobrante será conservada por un plazo de seis meses



**Responsable de laboratorio (a .i)**

**Tabla 19****Aplicaciones de productos agroecológicos.**

Aplicaciones de productos agroecológicos.				
Fecha	Producto	Dosis	Dosis por bombada de 20 litros.	Control
06/11/2023	Trichoderma+Basilus subtilis(combinao)	3 gr y 3cc/Lt	60gr/60cc/20l t	Preventivo para enfermedades fungosas y bacterianas
08/11/2023	Engeo	4cc/Lt	80cc/20lt	Mosca blanca, insectos cortadores y supcionadores
13/11/2023	Carbendazin	4cc/Lt	80cc/20lt	Control de enfermedades fungosas (Mustia llachosa)
16/11/2023	Cipermetrina	4cc/Lt	80cc/20lt	Control Mosca Blanca
18/11/2023	Trichoderma	15gr/Lt	60gr/20lt	Enfermedades Fungosas
20/11/2023	Carbendazin	4cc/Lt	80cc/20lt	Control de enfermedades fungosas (Mustia llachosa)
23/11/2023	Cipermetrina	4cc/Lt	80cc/20lt	Control Mosca Blanca, insectos cortadores (trisolmelidus)
02/12/2023	Dipel	12.5gr/5lt s	50gr/20lt	Control de gusanos
04/12/2023	Basilus subtilis	30cc/5lt rs	60cc/20lt	Control Enfermedades fungosas
06/12/2023	Dipel	12.5gr/5lt s	50gr/20lt.	Control de gusanos
30/11/2023	Metarrizum	8gr/Lt	160gr/20lt.	Control biológico de mosca blanca e insectos cortadores

(Fuente propia, 2023)

## 2.2 Análisis estadísticos.

### 2.2.1 Variables fisiológicas.

**Tabla 20**

**Altura de la planta.**

Variable fisiologicas Altura de la planta					
Tratamiento	Bloques			$\Sigma_{(trat)}$	Media <sub>(trat)</sub>
	I	II	III		
T1 Micorriza	18.25	19.01	18.40	55.66	18.55
T2 Rhizobium	19.45	18.32	17.71	55.47	18.49
T3 BsF C3,C4	<b>17.65</b>	<b>19.25</b>	<b>17.2</b>	54.10	18.03
T4 Consorcio	17.78	18.39	18.88	55.05	18.35
T5 Micorriza +Rhizobium	18.25	19.01	16.51	53.77	17.92
T6 Testigo	18.26	17.42	18.61	54.29	18.10
$\Sigma_{(Bloques)}$	109.64	111.40	107.31	328.35	109.45
				MEDIA	18.2414

(Fuente propia, 2023)

**Tabla 21**

**Suma de cuadrados Altura de la planta.**

Calculo de Suma de Cuadrados	
FC	5989.494894
SC.Total	9.84968571428453
SC.Trat	1.00647483
SC.Bloques	1.407771429
SC.Error	7.43543945578222

(Fuente propia, 2023)

**Tabla 22****Variable fisiológica Diámetro del tallo.**

Variable fisiologicas Diametro del tallo					
Traramiento	Bloques			$\Sigma_{(trat)}$	Media <sub>(trat)</sub>
	I	II	III		
T1 Micorriza	3.74	3.49	3.26	10.50	3.50
T2 Rhizobium	3.75	3.56	3.53	10.84	3.61
T3 BsF C3,C4	3.93	3.63	3.51	11.07	3.69
T4 Consorcio	4.11	3.69	3.58	11.37	3.79
T5 Micorriza +Rhizobium	3.92	3.68	3.44	11.04	3.68
T6 Testigo	4.08	3.78	3.24	11.10	3.70
$\Sigma_{(Bloques)}$	23.53	21.83	20.56	65.92	21.97
				MEDIA	3.6624

(Fuente propia, 2023)

**Tabla 23****Suma de cuadrados Diámetro del tallo.**

Calculo de Suma de Cuadrados	
FC	241.4346163
SC.Total	1.01682040816331
SC.Trat	0.144303401
SC.Bloques	0.742097959
SC.Error	0.13041904761900

(Fuente propia, 2023)

**Tabla 24****Variable fisiológica Número de hojas.**

Variable fisiologicas N° de Hojas					
Tratamiento	Bloques			$\Sigma_{(trat)}$	Media <sub>(trat)</sub>
	I	II	III		
T1 Micorriza	8.29	10.06	8.09	26.43	8.81
T2 Rhizobium	8.46	8.86	9.14	26.46	8.82
T3 BsF C3,C4	9.6	9.09	8.4	27.09	9.03
T4 Consorcio	10.03	9.03	9.74	28.80	9.60
T5 Micorriza +Rhizobium	9.23	10.43	8.31	27.97	9.32
T6 Testigo	10.17	9.9	9.2	29.23	9.74
$\Sigma_{(Bloques)}$	55.77	57.31	52.89	165.97	55.32
				MEDIA	9.2206

(Fuente propia.)

**Tabla 25****Suma de cuadrados Número de hojas.**

Calculo de Suma de Cuadrados	
FC	1530.36195
SC.Total	8.97111111111076
SC.Trat	2.383356009
SC.Bloques	1.684444444
SC.Error	4.90331065759665

(Fuente propia.)

## 2.2.2 Variables Rendimiento.

**Tabla 26**

**Biomasa total.**

Biomasa total					
Tratamiento	Bloques			$\Sigma_{(trat)}$	Media <sub>(trat)</sub>
	Bloque I	BloqueII	BloqueIII		
T1 Micorriza	1712	1510	1828	5050	1683.33
T2 Rhizobium	1616	1290	1675	4581	1527.00
T3 BsF C3,C4	1728	1817	1661	5206	1735.33
T4 Consorcio	1421	1512	2270	5203	1734.33
T5 Micorriza +Rhizobium	1208	1850	1416	4474	1491.33
T6 Testigo	2113	2382	2534	7029	2343.00
$\Sigma_{(Bloques)}$	<b>9798</b>	<b>10361</b>	<b>11384</b>	<b>31543</b>	<b>10514.33</b>
				<b>Media</b>	1752.388889

(Fuente propia, 2023)

**Tabla 27**

**Suma de cuadrados Biomasa total.**

Calculo de Suma de Cuadrados	
FC	55275602.72
SC.Total	2309554.278
SC.Trat	1419471.611
SC.Bloques	215494.1111
SC.Error	674588.5556

(Fuente propia, 2023)

**Tabla 28**

**Número de vainas.**

Numero de Vainas					
Tratamiento	Bloques			$\Sigma_{(trat)}$	Media <sub>(trat)</sub>
	Bloque I	BloqueII	BloqueIII		
T1 Micorriza	69	75	132	276	92.00
T2 Rhizobium	104	74	133	311	103.67
T3 BsF C3,C4	140	78	116	334	111.33
T4 Consorcio	85	76	149	310	103.33
T5 Micorriza +Rhizobium	83	78	98	259	86.33
T6 Testigo	103	140	146	389	129.67
$\Sigma_{(Bloques)}$	<b>584</b>	<b>521</b>	<b>774</b>	<b>1879</b>	<b>626.33</b>
				<b>Media</b>	104.388889

(Fuente propia, 2023)

**Tabla 29**

**Suma de cuadrados Número de vainas m2.**

Calculo de Suma de Cuadrados		
FC	196146.722	
SC.Total	14088.2778	
SC.Trat	3504.94444	
SC.Bloques	5782.11111	
SC.Error	4801.22222	

(Fuente propia, 2023)

**Tabla 30**

**Peso de vainas (g).**

Peso de Vainas (gr)					
Tratamiento	Bloques			$\Sigma_{(trat)}$	Media <sub>(trat)</sub>
	Bloque I	BloqueII	BloqueIII		
T1 Micorriza	179	205	400	784	261.33
T2 Rhizobium	274	242	453	969	323.00
T3 BsF C3,C4	338	212	368	918	306.00
T4 Consorcio	270	257	504	1031	343.67
T5 Micorriza +Rhizobium	200	241	327	768	256.00
T6 Testigo	292	505	487	1284	428.00
$\Sigma_{(Bloques)}$	<b>1553</b>	<b>1662</b>	<b>2539</b>	<b>5754</b>	<b>1918.00</b>
				<b>Media</b>	319.666667

(Fuente propia, 2023)

**Tabla 31**

**Suma de cuadrado Peso de vainas (g).**

Calculo de Suma de Cuadrados	
FC	1839362
SC.Total	203598
SC.Trat	59898.6667
SC.Bloques	97400.3333
SC.Error	46299

(Fuente propia, 2023)

**Tabla 32**

**Peso de biomasa (g).**

Peso de biomasa (gr)					
Tratamiento	Bloques			$\Sigma_{(trat)}$	Media <sub>(trat)</sub>
	Bloque I	BloqueII	BloqueIII		
T1 Micorriza	1450	1183	1275	3908	1302.67
T2 Rhizobium	1126	1105	1135	3366	1122.00
T3 BsF C3,C4	1226	1530	1012	3768	1256.00
T4 Consorcio	1000	1100	1524	3624	1208.00
T5 Micorriza +Rhizobium	961	1500	1039	3500	1166.67
T6 Testigo	1700	1767	1857	5324	1774.67
$\Sigma_{(Bloques)}$	<b>7463</b>	<b>8185</b>	<b>7842</b>	<b>23490</b>	<b>7830.00</b>
				<b>Media</b>	1305

(Fuente propia, 2023)

**Tabla 33**

**Suma de cuadrados Biomasa (g).**

Calculo de Suma de Cuadrados	
FC	30654450
SC.Total	1364766
SC.Trat	855082
SC.Bloques	43476.33333
SC.Error	466207.6667

(Fuente propia, 2023)

**Tabla 34**  
**Análisis económico.**

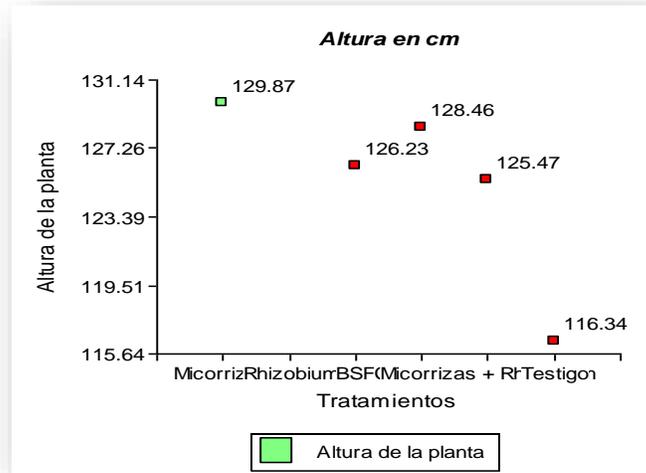
Rubro	Rendimiento qq por Mz	Precio C\$ por qq	Ingreso	Costo C\$ por mz	Beneficio	Costo rendimiento	Margen de Competencia	Rubro	Area Total	Produccion total	Ingreso total	Costo total	Beneficio o perdida total	Relacion Beneficio-Costo
(T1) Micorriza	8.17	3200	26144	30435	-4291	3725.2142	-525.2142	Frijol	1	8.17	26144	30435	-4291	-0.140989
(T2) Rhizobium	10.14	3200	44800	30435	14365	3001.47929	198.52071	Frijol	1	10.14	32448	30435	2013	0.06614096
(T3)BS-F	9.62	3200	19200	30221	-11021	3141.47609	58.5239085	Frijol	1	9.62	30784	30221	563	0.01862943
(T4) Consorcio	10.8	3200	16000	31381	-15381	2905.64815	294.351852	Frijol	1	10.8	34560	31381	3179	0.10130334
(T5) Micorriza+Rhizobium	8.05	3200	12800	31015	-18215	3852.79503	-652.79503	Frijol	1	8.05	25760	31015	-5255	-0.1694341
(T6) Testigo	13.46	3200		29855	-29855	2218.05349	981.946508	Frijol	1	13.46	43072	29855	13217	0.44270641

(Fuente propia, 2023).

## ANEXO 3 Gráficos

### Gráficos 1

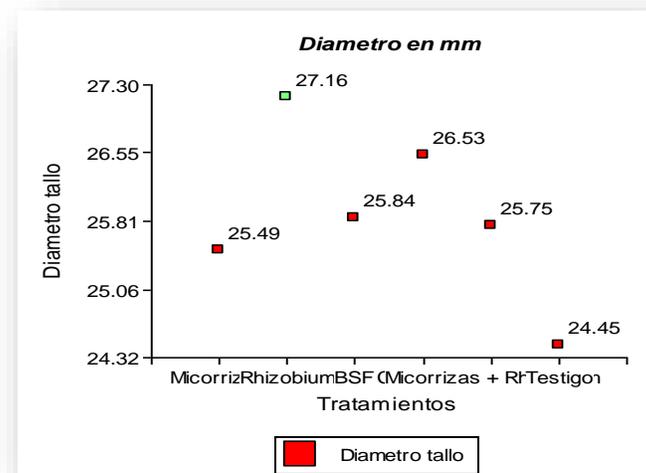
Altura de la planta (cm).



(INFOSTAT, 2024)

### Gráficos 2

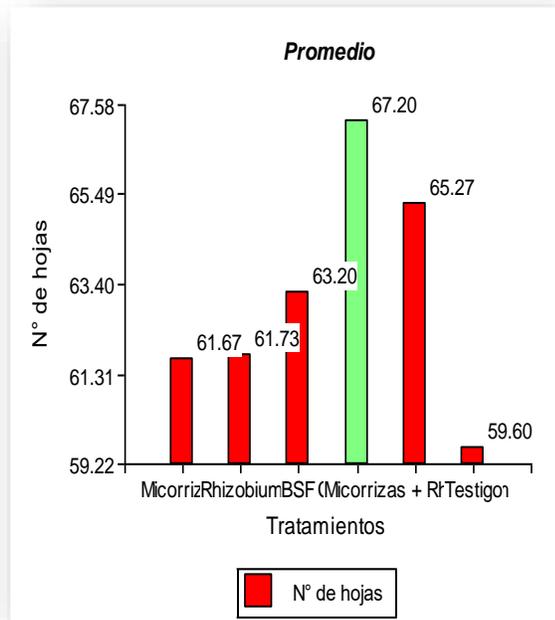
Diámetro del tallo (mm).



(INFOSTAT, 2024)

**Gráficos 3**

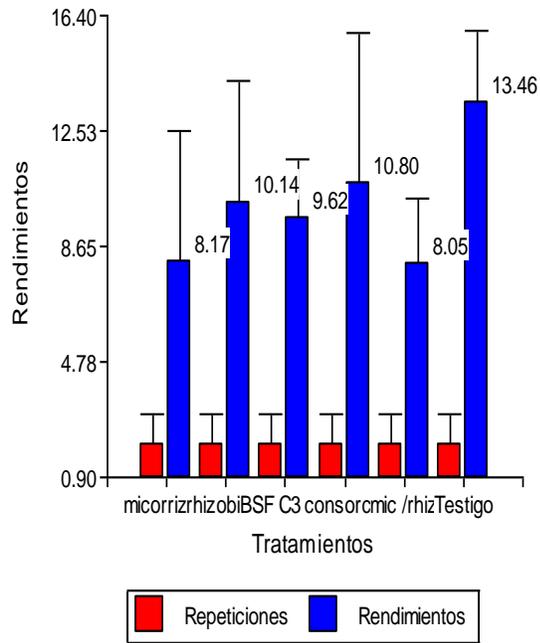
**Número de hojas.**



(INFOSTAT, 2024)

**Gráficos 4**

**Rendimientos qq/mz.**



(INFOSTAT, 2024)

## **ANEXO 4 Imágenes**

### ***Imagen 1***

#### ***Muestreo de suelo.***



(Fuente propia, 2023)

### ***Imagen 2***

#### ***Pesaje e inoculación de la semilla.***



(Fuente propia, 2023)

***Imagen 3***

***Asistencia técnica INTA-GN.***



(Fuente propia, 2023)

***Imagen 4***

***Toma de variables fisiológicas.***



(Fuente propia, 2023)

**Imagen 5**

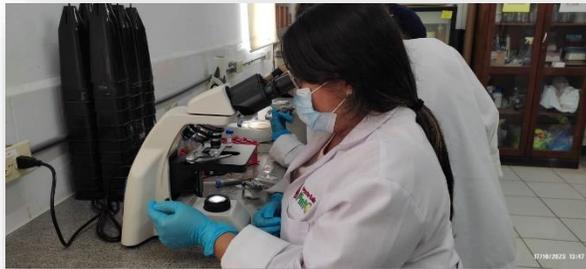
**Segunda fertilización general, con Urea 46% (22 días).**



(Fuente propia, 2023)

**Imagen 6**

**Visualización de Micorriza, en el laboratorio CNIA.**



(Fuente propia, 2023)

***Imagen 7***

***Capacitación del programa INFOSTAT.***



(Fuente propia, 2023)

***Imagen 8***

***Ordenamiento de la base de datos en excel.***



(Fuente propia, 2023)

***Imagen 9***

***Aplicación de bioinsumos.***



(Fuente propia, 2023)

***Imagen 10***

***Diabrotica virgifera, afectando la flor.***



(Fuente propia, 2023)

***Imagen 11***

**Extracción de muestra para análisis de fósforo.**



*(Fuente propia, 2023)*

**Imagen 12**

**Visita técnica, tutor INTA.**

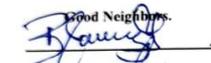
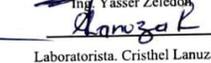
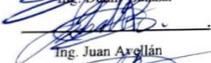


*(Fuente propia, 2023)*

### Imagen 13

**Bitácora de campo, firmas de los colaboradores.**

**Colaboradores.**

 Good Neighbors.	 INTA-CNIA Ing. Yasser Zeledón	 Inta-Carazo Ing. Rigoberto Munguía.	 Unan Fajem-Carazo Ing. Félix Telles
 Ing. Bosco Narváez.	 Laboratorista. Cristhel Lanuza.		
 Ing. Danny Salazar			
 Ing. Juan Avellán	<b>Tesistas Unan-Fajem-Carazo</b>		
 Ing. Douglas Traña	 Diana Ampie		
 José Romero (Productor)	 Lady Castillo		
	 Cecil Mena		

(Fuente propia.)