

Universidad Católica del Trópico Seco
Pbro. Francisco Luis Espinoza Pineda



Informe final de tesis para optar al título profesional de
Ingeniero Agropecuario

Efecto de dos métodos de aplicación de *Rhizobium* como
fijador de nitrógeno en el cultivo de frijol en postrera,
bajo agricultura de conservación, UCATSE-2019

Autores

Carlos Erasmo Ordoñez Ponce
Marlon Josué Martínez Hernández

Tutora

M.Sc. Flavia María Andino Rugama

Asesor

M.Sc. Juan Octavio Meneses Córdoba

Estelí, noviembre 2020

Esta tesis fue aceptada en su presente forma por el Departamento de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) de la Universidad Católica del Trópico Seco (UCATSE), y aprobada por el Honorable Sínoo Evaluador nombrado para tal efecto, como requisito parcial para optar al título profesional de: **INGENIERO AGROPECUARIO**

Tutor

M.Sc. Flavia María Andino Rugama

Asesor

M.Sc. Juan Octavio Meneses Córdoba

Sínoo Evaluador

M.Sc. José Rubén Sanabria Rodríguez

M.Sc. Rosa Xiomara Rivera Herrera

M.Sc. Pablo Antonio Alfaro Dávila

Sustentantes

Carlos Erasmo Ordoñez Ponce

Marlon Josué Martínez Hernández

Estelí, noviembre 2020

Este estudio es desarrollado conjuntamente por la Universidad Católica del Trópico Seco (UCATSE) y Catholic Relief Services (CRS – Nicaragua) a través del Proyecto Agua y Suelo para la Agricultura (ASA).

Se estimula la citación. Se pueden traducir y/o reproducir extractos cortos del texto sin previo permiso, a condición de que se indique la fuente. Para la traducción o reproducción del texto total se deberá notificar de antemano a los coejecutores. Los autores son los únicos responsables del contenido y de las opiniones expresadas; la publicación no implica la aprobación por parte de CRS-Nicaragua.



INDICE

	Página
INDICE DE TABLAS.....	iii
INDICE DE ANEXOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
II. HIPÓTESIS.....	4
III. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1. Generalidades del cultivo de frijol.....	5
3.2. Fijación biológica del nitrógeno.....	8
3.3. <i>Rhizobium</i>	10
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
4.1. Ubicación geográfica.....	13
4.2. Definición de variables con su operacionalización.....	15
4.3. Diseño experimental.....	17
4.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	18
4.5. Análisis de datos.....	20
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
5.1. Propiedades del suelo.....	21
5.2. Desarrollo vegetativo del frijol.....	24
5.3. Desarrollo productivo de la planta.....	29

5.4. Relación beneficio-costo.....	31
VI. CONCLUSIONES.....	32
VII. RECOMENDACIONES	33
VIII. BIBLIOGRAFÍA	34
IX. ANEXOS	38

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Información de parcelas de los productores	13
Tabla 2. Resultados de Densidad Aparente	21
Tabla 3. Resultados Humedad gravimétrica.....	22
Tabla 4. Evaluación Visual de Suelo.....	23
Tabla 5. Datos Materia orgánica.....	23
Tabla 6. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable altura (cm)	25
Tabla 7. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable largo de la hoja (cm).....	25
Tabla 8. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable ancho de la hoja (cm).....	26
Tabla 9. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable largo por ancho de la hoja (cm)	27
Tabla 10. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable trifolio a los 21 DDS	27
Tabla 11. Prueba de Wilcoxon para muestras longitud de la raíz	28
Tabla 12. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes nodulación.....	28
Tabla 13. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable número de vainas	29
Tabla 14. Prueba T para muestras independientes de la variable granos por vaina	29
Tabla 15. Prueba T para la muestra independiente variable rendimiento	30
Tabla 16. Costos de producción	31

INDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Clasificación de la densidad aparente en los suelos.....	38
Anexo 2. Ubicación de las unidades experimentales tomadas de (Google Maps, 2019)	38
Anexo 3. Diseño de las parcelas en estudio.....	40
Anexo 4. Distribución de los tratamientos	41
Anexo 5. Aplicación de rizobio al drench en frijol	42
Anexo 6. Inoculación a la semilla de frijol con Rhizobium	42
Anexo 7 Análisis completo de las parcelas en estudio.....	43
Anexo 8. Evaluación visual de suelo (EVS).....	49
Anexo 9 Análisis químico del suelo	54
Anexo 10. Conteo de vainas por planta.....	55
Anexo 11. Conteo de granos por vaina.....	55
Anexo 12. Conteo de nódulos.....	55
Anexo 13. Raíces noduladas del frijol.....	56
Anexo 14. Longitud de la raíz	56

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo a nuestro señor Dios que nos ha dado gratuitamente el don de la vida y la sabiduría por los cuales hemos cumplido nuestra formación.

A nuestras familias que son los seres más cercanos y que han convivido muchos años con nosotros depositando su confianza y apoyo incondicional a nosotros y queriéndonos heredar a través de la educación profesional.

AGRADECIMIENTO

Damos gracias a Dios que nos ha regalado el don de la vida y que en ello se ha manifestado grandemente a través del conocimiento y sabiduría que nos permiten salir bien hasta el día de hoy.

Agradecemos a nuestros padres y familia que, con mucho amor, cariño, empeño y con sus limitaciones han mantenido vivos nuestros sueños, el querer valernos de algo en nuestra vida.

A nuestra tutora M.Sc. Flavia María Andino Rugama, al asesor M.Sc. Juan Octavio Meneses Córdoba y al Ing. Didier Gabriel Matey Fajardo por habernos brindado tiempo para la realización de nuestro trabajo.

Agradecemos a la UCATSE y a todo el personal que labora de una u otra manera para el buen funcionamiento de la institución, la cual nos ha brindado la oportunidad de nuestras vidas; y nos sentimos felices y gozosos de estar dentro de ella.

RESUMEN

La investigación se realizó para evaluar el efecto de dos métodos de aplicación de *Rhizobium* como fijador de nitrógeno en el cultivo de frijol en postrera, bajo agricultura de conservación. Los tratamientos utilizados bajo un diseño experimental de parcelas pareadas, fueron; la inoculación de la semilla con *Rhizobium* al momento de la siembra (tratamiento de control), y la aplicación al drench como tratamiento de estudio, aplicado a los 15 días después de la siembra (dds), definidos en una parcela de 400 m² confinados en dos ambientes (comunidad) con dos parcelas en la comunidad Santa Adelaida UCATSE (Estelí) y dos en la comunidad de Arenales (Condega). Se procesó la base de datos en el paquete estadístico de Infostat versión estudiantil con una prueba de normalidad Shapiro Wilks y con las variables que cumplieron los supuestos se realizó prueba T de Student para la comparación entre formas de aplicación del rhizobium o la prueba no paramétrica de Mann Whitney, así como una prueba de correlación Spearman con un nivel de significancia menor a 0.05. Los resultados indican que a los 21 días se observa estadísticamente un mayor efecto de la inoculación a la semilla para las variables altura, largo y ancho de la hoja y trifolio, que solamente se mantiene a los 45 dds para la variable altura. No se encontró diferencias estadísticas para nodulación, número de vainas, granos por vaina y rendimiento. El efecto de la inoculación a la semilla favorece el desarrollo vegetativo de la planta en los primeros 21 días, pero ambos métodos de aplicación del *Rhizobium* ejercen similar efecto sobre las variables de rendimiento. Ambos métodos de aplicación son similares respecto de los resultados, no obstante, se observa un leve incremento en costos y una reducción en la relación beneficio costo para la aplicación al drench.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, inoculación a la semilla, drench, fijación de nitrógeno, agricultura agroecológica.

I. INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo importante para la alimentación humana por su alto contenido de proteína y generador de empleo e ingresos. El frijol se cultiva en suelos que tengan buen drenaje y fertilidad del suelo, su producción y rendimientos son inestables, depende de las condiciones climáticas, apoyo financiero, fertilización de los suelos donde se siembra, escasa semilla de calidad y sobre todo el acceso a la tecnología y capacitación sobre nuevas estrategias agroecológicas de manejo para mejorar los rendimientos del cultivo.

En lo que respecta a los nutrientes del suelo necesarios para una adecuada fertilidad, el nitrógeno es un elemento importante para toda la planta, hace que se aproveche mejor el fósforo, entre otras funciones. (Gonzales & Peralta, 2009). Pero también hay que tener en cuenta que el uso intensivo de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de frijol reduce la rentabilidad del cultivo por sus altos costos y efectos nocivos al medio ambiente al contaminar las fuentes de agua y alterar los hábitats de especies silvestres. (Argumedo, 2011)

El manejo juicioso del nitrógeno en el ambiente es esencial para el desarrollo de una agricultura más productiva y sostenible. En este contexto, la importancia de la fijación biológica del nitrógeno para la seguridad de los alimentos en el mundo es realmente incuestionable y el uso de cultivos capaces de efectuar una fijación simbiótica del N₂ es el componente primario en una agricultura sostenible. (INTA, 2009).

Las plantas que mejor fijan el nitrógeno atmosférico son las leguminosas como el frijol, para lo cual desarrolla nódulos en el sistema radicular cuando se asocia con bacterias del género *Rhizobium*, las cuales se encargan de fijar el nitrógeno atmosférico y convertirlo en nitrógeno disponible para las plantas gracias al complejo enzimático nitrogenasa. El género *Rhizobium* forma nódulos con leguminosa, presenta un crecimiento rápido en vida libre y los genes relacionados con la fijación se encuentran en plásmidos. (Gonzales & Peralta, 2009).

Por tanto, la realización de estudios en la aplicación de alternativas orgánicas en el cultivo del frijol como técnicas de manejo de forma confiable y segura son una necesidad imperante, sobre todo en los municipios de Estelí y Condega, de manera particular en las comunidades

Santa Adelaida (Estelí) y Arenales (Condega) para que sean retomados y puestas en práctica principalmente por medianos y pequeños productores que tienen limitantes económicas para producir de manera convencional, no pudiendo realizar una fertilización nitrogenada correcta, lo que afecta la generación de ingresos por sus cosechas y por ende su nivel de vida.

En el sistema de producción del frijol se requiere de formas de producción más rentables y efectivas en el uso de insumos, adecuadas al sistema de producción. De tal manera que, la realización de estudios en la aplicación de alternativas orgánicas en el cultivo del frijol como técnicas de manejo de forma confiable y segura son una necesidad imperante, sobre todo en los municipios de Estelí y Condega, de manera particular en las comunidades Santa Adelaida (Estelí) y Arenales (Condega) para que sean retomados y puestas en práctica principalmente por medianos y pequeños productores que tienen limitantes económicas para producir de manera convencional, no pudiendo realizar una fertilización nitrogenada correcta, lo que es indispensable en el cultivo de leguminosas, ya que se afectan la generación de ingresos por sus cosechas y por ende de su nivel de vida.

Por eso, con esta investigación, se ha evaluado el efecto de dos formas de aplicación de *Rhizobium* como fijador de nitrógeno en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) durante la época de postera en parcelas de las comunidades de Arenales (Condega) y Santa Adelaida (Estelí), en donde se aplican prácticas de agricultura de conservación, apoyando a la generación de información para satisfacer las necesidades de nitrógeno y fósforo que el cultivo del frijol demanda para expresar su potencial genético de rendimiento, especialmente para aquellos productores que buscan alternativas más sostenibles como una alternativa agroecológica que permita mejorar los rendimientos de este rubro.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de dos formas de aplicación de *Rhizobium* como fijador de nitrógeno en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) época de postrera, en parcelas con agricultura de conservación, UCATSE, 2019

Objetivos específicos

Determinar las propiedades físicas y químicas del suelo donde se estableció el ensayo con las dos formas de aplicación del *Rhizobium*

Describir el desarrollo vegetativo y radicular de la planta de frijol, así como la nodulación del *Rhizobium*, bajo los tratamientos en estudio

Identificar la forma de aplicación más efectiva con base en el rendimiento y la relación beneficio-costos

III. HIPÓTESIS

La bacteria fijadora de nitrógeno (*Rhizobium*) aplicada al drench producirá sistema radicular turgente, mayor nodulación y rendimiento en el cultivo del frijol respecto de la inoculación a la semilla.

IV. MARCO TEÓRICO

El frijol se encuentra en los alimentos más relevantes, debido a su distribución en los cinco continentes, por ser complemento nutricional indispensable en la dieta alimenticia. El frijol ha sido un elemento tradicionalmente importante en América latina y en general en una gran cantidad de países en vías de desarrollo en los cuales se cultiva.

4.1. Generalidades del cultivo de frijol

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es originario de Mesoamérica y la zona Andina donde se encuentran los centros primarios de diversificación. Se consume como una hortaliza verde y se cosecha cuando la vaina y las semillas se encuentran en su etapa inmadura y con bajo contenido de fibra. Es un cultivo que se encuentra alrededor del mundo y se le conoce como habichuela vainita, judía, frijol agita y otros. Es una hortaliza de mucha importancia en regiones como Europa, Norteamérica, África y Latinoamérica. (Vallejos, 2005)

En Nicaragua el frijol común es después del maíz, el principal alimento básico y constituye la fuente de proteínas más importantes y barata en la dieta humana. El consumo per cápita en Nicaragua es de 26.1 kg por año y es el más alto de Centroamérica, pero varía mucho año con año, dependiendo de la producción, las importaciones, exportaciones, precio y existencias (Gaitán & Mairena, 2017).

El frijol es una planta anual que presenta un tipo de crecimiento determinado (variedades arbustivas) o indeterminado en las variedades trepadoras que requieren de un tutor para crecer. Tiene un periodo vegetativo aproximado de 60-90 días según la variedad y la altitud de la zona donde es sembrada. (Argumedo, 2011). Las variedades arbustivas son de ciclo corto (60-70 días). Tienen un menor rendimiento en comparación con las variedades de tipo enredadera, que tienen un ciclo largo (70-95 días) y son de alto rendimiento, pero necesitan del tutoreo.

Las flores están agrupadas en inflorescencias axilares conocidas botánicamente como racimos. Presenta una morfología floral que facilita autopolinización debido a que es hermafrodita, y las anteras liberan polen simultáneamente cuando los estigmas están receptivos y la flor está cerrada (mecanismo conocido como cleistogamia). El fruto es una vaina indehisciente que contiene las semillas, las cuales no presentan albumen (Argumedo, 2011)

La cosecha es aproximadamente a los 55-95 días después de la siembra, dependiendo de las variedades. Esta actividad se realiza cuando la vaina ha alcanzado su máximo tamaño y la semilla se encuentra de un menor tamaño, asegurando que la vaina no haya desarrollado todavía el contenido fibroso. Las vainas deben desprenderse cuidadosamente de la planta para no causarle daños. Cuando se cosecha frijoles tiernos, éstos deben de llegar al mercado con no más de 24 horas y deben de estar en un lugar fresco, sin que las vainas entre en contacto con la humedad, ya que pueden adquirir enfermedades. (López, y otros, 2017).

La variedad tiene características aceptables por productores y comerciantes por su capacidad de rendimiento, color de grano similar al de las variedades criollas y resistencia a enfermedades como Mosaico común y Mosaico Dorado. La variedad tiene grano de color rojo similar al de las variedades criollas (La variedad tiene alta resistencia a Mosaico dorado, es tolerante a sequía y alta temperatura y las características culinarias son aceptadas por los consumidores como cocción rápida, sabor agradable, color y espesor de caldo deseables) (Jarquín R, 2013)

4.1.1. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo del frijol

El frijol puede ser establecido en suelos de textura liviana a pesada, que presentan una buena fertilidad y una retención de agua intermedia, debido a que esta no tolera el exceso de humedad. Debe realizarse a una profundidad aproximada de 3-5 cm, dependiendo de la cantidad de agua que exista en el suelo (más profundo a menor humedad y viceversa). El pH del suelo, debe oscilar entre un rango de 6-7. La planta de frijol crece bien en temperaturas promedios entre 15 y 27 °C en términos generales, las bajas temperaturas retardan el

crecimiento, mientras que las altas causan una aceleración. Las temperaturas extremas 5° C Y 40° C pueden ser soportadas por periodos cortos, pero por tiempos prolongados causan daños irreversibles. (Patiño, 2015).

La humedad relativa óptima del aire en el invernadero durante la primera fase es 60% al 65% del y posteriormente oscila entre el 65% y el 75 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades áreas y dificultan la fecundación. Es importante que se mantenga sin excesivas oscilaciones de humedad. El papel más importante de la luz está en la fotosíntesis, pero también afecta a la fenología y morfología de la planta. El frijol es una especie de días cortos, los días largos tienden a causar demora en la floración y la madurez. Cada hora más de luz por día puede retardar la maduración de dos a seis días. (Patiño, 2015)

Las densidades de siembra dependen de la variedad de frijol y su tipo de crecimiento (arbustivo o enredadera). Para plantas de tipo arbustivo, se pueden sembrar a doble hilera a un distanciamiento de 15 cm entre plantas al igual que el frijol tipo enredadera, solo que está una sola hilera. (Vargas, 2008).

4.1.2. Necesidades nutricionales para el cultivo del frijol

El nitrógeno es uno de los elementos esenciales en la nutrición de las plantas. El nitrógeno es uno de los factores limitantes más comunes de la producción vegetal. (Paredes, 2013), aunque es abundante en la atmósfera, pero las plantas no pueden utilizarlo en su forma elemental y tienen que obtenerlo del suelo en forma de nitratos. En los suelos, dicho elemento está contenido en la materia orgánica y en muchas regiones su bajo contenido no cubre las necesidades de N de los cultivos.

La deficiencia de nutrimentos en la mayoría de los suelos dedicados a la producción de este rubro, limitan los niveles de productividad del cultivo. La baja inversión en la aplicación de insumos y prácticas recomendadas para el manejo en la mayoría de las regiones productoras,

contrasta con la de los países desarrollados donde la productividad del mismo es significativamente mayor. (Vargas, 2008)

Una de las formas para determinar la recomendación en fertilización es la realización de ensayos de respuesta agronómica, que consisten en aplicar los nutrientes esenciales combinando diferentes dosis de acuerdo con diseños de tratamientos predeterminados. El ICA realizó numerosos experimentos sobre fertilización en fríjol y se encontró respuesta positiva a una fórmula 20-40-20 de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, y 2 t/ha de materia orgánica.

El fríjol tiene un sistema radicular poco extenso y además se siembra en surcos, es recomendable aplicar los fertilizantes en banda, al fondo del surco. Si se utiliza este método de aplicación del fertilizante, se debe evitar el contacto directo del fertilizante con la semilla por cuanto se le pueden causar daños, especialmente en el caso de productos que desprendan amoníaco, como también de fertilizantes con alto índice de salinidad. Se ha encontrado que la fertilización puede hacerse una sola vez y al momento de la siembra. De esta manera se logra que los nutrientes estén disponibles cuando la planta está en condiciones de absorberlos a través de las raíces y en las etapas de mayor demanda. Además, es necesario tener en cuenta que generalmente en fríjol se utilizan fertilizantes compuestos que son de lenta solubilidad en el suelo. (Norriega F, 2012)

4.2. Fijación biológica del nitrógeno

La forma más común de aumentar la cantidad de nutrientes del suelo es el uso de fertilizantes sintéticos, sin embargo, esta adición tiene factores negativos en aspectos ambientales y sanitarios. Además de los efectos negativos mencionados, el factor económico afecta a pequeños agricultores y de subsistencia impidiéndoles adquirir estos fertilizantes. Una alternativa más económica es la de optar por la biofertilización que consiste en el uso de microorganismos, principalmente hongos y bacterias, que viven en simbiosis o asociadas a las plantas para aumentar la disponibilidad de nutrientes y brindar protección (Paladines, 2017)

La fijación biológica de nitrógeno (FBN) ha presentado el mayor interés entendiéndose como el proceso mediante el cual algunos microorganismos usan el nitrógeno contenido en el aire, reduciéndolo a amoníaco mediante la enzima denominada nitrogenasa para la producción de proteínas. (Viñals & J., 1999). La FBN es de importancia en la agricultura sostenible, ya que permite reducir el uso de fertilizantes sintéticos. (Paredes, 2013). Estos fijadores de nitrógeno son bacterias o cianobacterias que viven en simbiosis con una planta o asociados a ella. Las bacterias con mayor capacidad fijadora de nitrógeno son las del género *Rhizobium*. (Viñals & J., 1999).

Las bacterias del género *Rhizobium*, inducen en las raíces de las leguminosas la formación de estructuras especializadas llamadas nódulos mediante el establecimiento de un proceso simbiótico (Vargas, 2008), dentro de las cuales el N₂ atmosférico, que es muy estable y relativamente inerte, se reduce a iones amonio (NH⁴⁺) fácilmente asimilables por la mayoría de las especies vegetales (López, y otros, 2017), constituyéndose en una alternativa para mejorar los rendimientos en el cultivo del frijol, que permite un incremento en la fijación biológica de nitrógeno en este cultivo. (Mora, 1995).

El frijol anteriormente era conocido como una de las leguminosas pobres en el establecimiento de una simbiosis efectiva y en su capacidad de fijación de N atmosférico, debido principalmente a la presencia de cepas nativas con poca eficiencia y altamente competitivas en el proceso de infección; sin embargo, hoy día se ha determinado que existe potencial para el incremento de la fijación de nitrógeno en este cultivo mediante una adecuada combinación entre cepas y cultivares (Mora, 1995)

Al respecto, se ha evaluado la nodulación y rendimiento de frijol en condiciones de bajo contenido de nitrógeno, utilizando 10 genotipos de frijol, incluyendo ocho líneas mejoradas seleccionadas del segundo ciclo de selección recurrente, un testigo comercial, Amadeus 77, y un testigo no nodulador, la línea experimental R99. No se presentaron diferencias significativas entre los genotipos de frijol en los pesos secos de follaje (PSF) y de vainas (PSV) pero si en el índice de partición de vainas (P<0.01). Para la madurez de cosecha no se

presentaron diferencias significativas entre las líneas de frijol en el índice de cosecha (IC) y el rendimiento. (Nuñez, 2015)

4.3. *Rhizobium*

El *Rhizobium* es una bacteria benéfica que forma una asociación simbiótica con las raíces de plantas en la familia Leguminosae, y tiene la capacidad de fijar nitrógeno y hacerlo disponible para la planta. A cambio la planta le provee de sus carbohidratos para la nutrición de la bacteria. Esta simbiosis permite que la planta pueda abastecerse de nitrógeno y desarrollarse bien aun cuando su contenido se encuentre bajo en el suelo.

Se evaluó la respuesta del frijol común a la inoculación con *Rhizobium* y micorriza vesículo-arbuscular en tratamientos de inoculación con *Rhizobium*, con micorrizas vesículo - arbuscular (MVA), la mezcla *Rhizobium* con MVA y sin inoculación (testigo), y dos genotipos (Amadeus 77 y Seda), para un total de ocho tratamientos. Se presentaron diferencias significativas por efecto de lotes (L) en la nodulación (escala visual 1-9), infección de raíces y rendimiento; de la inoculación (I) en la infección de raíces y de genotipos (G) en la nodulación y rendimiento. Se presentaron diferencias significativas en los lotes para las variables de nodulación, infección, biomasa, y rendimiento, pero no así para los inóculos evaluados, pero sí en la variable de infección, observándose que la inoculación con *Rhizobium*, disminuye la infección de raíces por la MVA, para la variable biomasa. Amadeus 77 presentó los mayores resultados en comparación con Seda (Paladines, 2017).

En la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Honduras, se han realizado diversos estudios en frijol con el uso de cepas de *Rhizobium*. Primeramente, se evaluó bajo condiciones de laboratorio, la respuesta a la inoculación con cepas de *Rhizobium* en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), utilizando las cepas CIAT 632 (*R. etli*), CIAT 899 (*R. tropici*) y UPR 2010 (*R. leguminosarum*). Se encontraron diferencias significativas en las variables de nodulación y en el número de nódulos. No se presentaron diferencias debido al efecto de la interacción cepa x genotipo. La cepa CIAT 899 fue superior en nodulación (escala 1-9) que las otras dos cepas (Vargas A, 2008)

4.3.1. El *Rhizobium* en suelos bajos de materia orgánica

La inoculación con cepas de *Rhizobium* y su interacción con variedades que presentan mayor capacidad de nodulación y fijación de N, es una alternativa para suplir las necesidades del nutriente y aumentar la productividad de este cultivo en zonas con suelos de bajo contenido de materia orgánica. Diversos estudios indican que la planta de frijol puede obtener hasta el 50% de sus necesidades de N para una producción ideal, cuando se establece una simbiosis efectiva con dichas cepas (Vargas, 2008)

La asociación en la que existe un mutuo beneficio es llamada simbiosis. Uno de los grupos de bacterias más conocidas que comprende los fijadores de nitrógeno son los *Rhizobium*. Cuando las barbas absorbentes de una raíz entran en contacto con una de estas bacterias, la barba se ensortija y las paredes de la célula se disuelven bajo la influencia de las enzimas formando un nódulo. Una vez dentro del nódulo la bacteria obtiene los nutrientes necesarios (compuestos del carbono) y el oxígeno de la planta hospedera; a su vez la planta hospedera recibe compuestos nitrogenados producidos por la bacteria a partir del nitrógeno gaseoso de la atmósfera del suelo. Este proceso es llamado fijación simbiótica del nitrógeno. Cuando las raíces de la planta hospedera se descomponen los compuestos nitrogenados quedan disponibles para otros microorganismos y plantas (Ferreira, 2009)

4.3.2. Simbiosis entre *Rhizobium* y frijol

Las bacterias del género *Rhizobium* son sumamente importantes en la producción de cultivos de la familia Leguminosae. Estas plantas forman una asociación simbiótica con especies del género *Rhizobium*, que consiste en que la bacteria fija nitrógeno atmosférico (N₂) y lo cede a la planta. Esta bacteria habita en el suelo como un saprófito, de esta manera es capaz de infectar a la planta a través de los pelos radicales para así formar nódulos. (Valladares, 2009) El frijol tiene la capacidad de actuar en procesos simbióticos con las bacterias fijadoras de nitrógeno *Rhizobium*.

El establecimiento de la simbiosis *Rhizobium*-frijol o cualquiera otra leguminosa, culmina con la formación de un nódulo en la raíz que es una estructura especializada, formada por varios tipos de células altamente diferenciadas, entre las cuales se encuentran las células infectadas, donde se encuentra una forma especial de *Rhizobium*, a las cuales se les denominan bacteroides y son los responsables de llevar a cabo la fijación de nitrógeno (Vallejos, 2005)

El *Rhizobium* es una bacteria gram negativa que posee la enzima nitrogenasa que cataliza el proceso donde se reduce y combina el N_2 formando NH_4 . Para este proceso se requiere grandes cantidades de ATP y la bacteria emplea compuestos carbonatados oxidables para su metabolismo, los cuales son proporcionados por la planta. La infección se inicia cuando la raíz segrega flavonoides, isoflavonoides y otros compuestos que estimulan la activación de genes de nodulación a producir nodulinas (proteínas) que inducen el cambio morfológico en la raíz (Valladares, 2009)

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación geográfica

El presente estudio fue realizado en tres fincas perteneciente a dos municipios (Santa Adelaida y San Pedro Arenales) situadas en el departamento de Estelí. La comunidad de Santa Adelaida se ubica a una distancia de 168.8 Km de Estelí en carretera con coordenadas 13° 5' 30.7" Latitud Norte y 86° 21' 13.8" Longitud Oeste. Altitud de 850 msnm. Los suelos son de tipo arcilloso y arenoso, la temperatura oscila entre los 20° C y la humedad relativa es media durante periodos de lluvia (anexo 1 y 2).

La comunidad de Arenales se localiza en la parte sur del municipio de Condega, departamento de Estelí, en las coordenadas 13° 19' 21.3" Latitud Norte y 86° 21' 32.3" Longitud Oeste. Cuenta con una temperatura media anual de 24.6° C al igual con una precipitación de 800 a 900 mm, y a una altitud de 550 a 450 msnm (anexo 1). Se seleccionaron cuatro parcelas, en las cuales se implementa la práctica de agricultura de conservación.

Tabla 1. Información de parcelas de los productores

Nombre del productor	Descripción	Coordenadas UTM	
		Longitud	Latitud
Comunidad de Arenales -Condega			
Mauricio Siles Rugama	Temperatura media anual de 24.6° C, zona seca. Precipitación de 800 mm. Altitud de 550 a 450 msnm, pendiente de 9%	570322	1473009
Ronaldo Villarreyna	Temperatura media anual de 24.6° C, zona seca. Precipitación de 800 mm.	570219	1473376

Nombre del productor	Descripción	Coordenadas UTM	
		Longitud	Latitud
	Altitud de 550 a 450 msnm, pendiente de 8%		
Comunidad de Santa Adelaida – Estelí			
UCATSE	Temperatura oscila entre los 20° C, Trópico seco. Precipitación de 820 mm. Altitud 850 msnm, pendiente de 7%	570195	1473199

5.2. Definición de variables con su operacionalización

Objetivos	Variable	Definición conceptual	Indicadores	Medida de expresión	Fuente	Instrumento
Determinar las propiedades físicas y químicas del suelo donde se estableció el ensayo con las dos formas de aplicación del Rhizobium	Propiedades físicas del suelo	Determina el estado del suelo y califica como pobre, medio o bueno	Humedad del suelo, Estructura y consistencia	% Escala (0, 1, 2)	suelo	Metodología del EVS (Evaluación visual de suelo)
	Propiedades químicas del suelo	Hace referencia a las características del suelo respecto	Materia orgánica	%	suelo	Detector de materia orgánica
Describir el desarrollo vegetativo y radicular de la planta de frijol, así como la nodulación del Rhizobium, bajo los	Desarrollo vegetativo de la planta	Crecimiento de la parte foliar (hojas).	Altura de la planta Longitud de la hoja Numero de trifolios	cm cm Unidad	cultivo	Hoja de campo
	Longitud de la raíz	Características destacadas del sistema radicular referida a la longitud de la raíz principal	-	cm	Cultivo	Hoja de campo
	Nodulación	Es la formación de nódulos en las raíces de la planta de frijol	Porcentaje de nodulación, nódulos/raíz/planta	% #	cultivo	Hoja de campo

Objetivos	Variable	Definición conceptual	Indicadores	Medida de expresión	Fuente	Instrumento
tratamientos en estudio						
Identificar la forma de aplicación más efectiva con base en el rendimiento y la relación beneficio-costos	Características productivas de la planta	Características que definen la capacidad de la planta respecto del rendimiento	Número de vainas /planta Número de granos por vaina, Rendimiento	Cantidad en número Kg/ha	Cultivo	Hoja de campo
	Relación beneficio/costo	Resultado para determinar cuáles de los tratamientos en términos económicos es más rentable	Relación B/C B= beneficio C= costo	C\$	Cultivo	Hoja de campo

5.3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de parcelas pareadas del cultivo de frijol en postrera con un tratamiento de control y un tratamiento de estudio definidos en una parcela de 400 m² confinados en dos ambientes (comunidad). Se estableció cuatro parcelas, con dos en la comunidad Santa Adelaida UCATSE (Estelí) y dos en la comunidad de Arenales de Condega (anexo 3). En estas parcelas se trabajan prácticas de agricultura de conservación en el proyecto de Agricultura, Suelo y Agua (ASA) que coordina UCATSE con CRS (Catholic Relief Service). En cada parcela se definieron tres puntos de muestreo, que son considerados como repeticiones.

5.3.1. Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos consisten en la aplicación del microorganismo de dos formas (anexo 4):

- 1) Inoculación de semilla. Se inoculó la semilla para la siembra en las parcelas con el *Rhizobium*.
- 2) Aplicación al drench. Se aplicó de manera edáfica (drench).
 - **Aplicación al drench.** Se aplicó *Rhizobium* en dosis de 20 ml por bomba de 20 litros, esta se aplicó a los 15 días después de la siembra (DDS), (anexo 5), aplicando un total de 40 ml en 40 litros de agua
 - **Inoculación de la semilla.** El inoculante a base de *Rhizobium* en formulación líquida, obtenida a partir de un preparado artesanal que se elaboró a base de raíces de leguminosa canavalia de una de las parcelas en estudio; melaza, semolina y leche que se dejó reposar por 24 horas con un oxigenador (anexo 6). Este material se utilizó para proceder al recubrimiento de semillas, utilizando 2 litros del preparado artesanal en una bolsa de plástico con su respectiva cantidad de semilla por tratamiento.

5.3.2. Manejo del ensayo

- **Preparación del suelo.** Se realizó la limpieza para la eliminación de malezas de manera manual.
- **Siembra.** Se realizó en la etapa de postrera, en la primera semana de octubre, por lo que no se utilizó riego. La distancia de siembra entre surcos fue de 0.6 m y entre planta 0.2 m.
- **Fertilización sintética.** Se realizó a los 20 DDS, según el plan de fertilización que ya tiene definido cada parcela y que se viene aplicando, ya sea en base a análisis de suelo o al criterio del productor. Por eso, se aplicó una dosis de 12-30-10 en una parcela con el tratamiento al drench, dos parcelas en donde se aplicó Urea 46 % + inoculante a la semilla y una parcela con Urea 46 % + con el tratamiento al drench. (anexo 7)
- **Manejo de malezas.** El manejo de malezas se realizó de forma manual utilizando azadón y machete, basándose en el criterio de mantener el cultivo libre de maleza a los 30 DDS (días después de siembra) o hasta el cierre completo de las calles del cultivo.
- **Plagas y enfermedades.** Durante el manejo del experimento se realizó aplicaciones de insecticidas y fungicidas para la prevención de plagas y enfermedades que se presentaron durante la etapa de desarrollo del cultivo. Se controlaron plagas como; el grillo común, la malla y lorito verde. En cuanto a enfermedades se presentó antracnosis y mal del talluelo.

5.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

El estudio es de tipo experimental observacional, utilizando como instrumento la hoja de campo para tomar datos. Todos los datos para las variables, se tomaron en tres estratos: alto, medio y bajo. Fueron cinco plantas por cada estrato al centro de la parcela.

- **Propiedades físicas del suelo**

Para la toma de las propiedades físicas se realizó mediante la metodología de la evaluación visual de suelo (EVS) (anexo 8), con un monolito de 20x20x20 centímetros, en el cual se midieron: estructura y consistencia, porosidad, compactación y profundidad.

- **Propiedades químicas del suelo**

Los datos fueron tomados de la información generada por el proyecto ASA (Agua y Suelo para la Agricultura), de muestras remitidas al Laboratorio de LAQUISA, León, (anexo 9), para medir el porcentaje de materia orgánica presente en el suelo.

- **Desarrollo productivo de la planta**

La toma de datos referente al desarrollo vegetal se realizó en dos momentos, a los 30 días y a la floración. Se tomaron 10 plantas por estrato (alta, media y baja), donde se midió:

- **Altura de la planta:** Medición con regla de la distancia que hay desde la base del tallo hasta el ápice de las hojas.
- **Número de trifolios:** Conteo de trifolios por planta.
- **Rendimiento:** Se tomaron las plantas en un metro cuadrado, se realizó el conteo del número de vainas por planta (anexo 10), y granos por vaina (anexo 11), luego, la cantidad de plantas por parcela se multiplicó por el resultado de las vainas totales, dicho resultado se volvió a multiplicar por el número de granos por vainas, así obtuvimos el total de granos. Se procedió a convertir el número de granos a libras, una vez teniendo el resultado, se pasó a Kg/ha.

- **Nodulación**

Al momento de cosecha se recolectaron las raíces de cinco plantas por cada zona de muestreo, siguiendo la metodología descrita por él (CIAT, 1998) . Las raíces se extraen cavando a una profundidad de 50 cm con una coba, procurando extraer raíces completas y con el mayor número de nódulos posibles. Para efecto del conteo de los nódulos se trasladaron en bolsa de papel kraf debidamente etiquetado todo el sistema radical con su respectiva tierra al laboratorio de UCATSE (anexo 12 y 13), donde se procedió a medir nódulos/raíz/planta (CIAT, 1998).

- **Longitud de raíz**

Se realizó un cavado de 50 cm de profundidad, con el fin de no deteriorar las raíces, estas fueron lavadas para desprender partículas de suelo y luego con una regla se realizó la medición de longitud, (anexo 14).

- **Relación beneficio/costo**

Se calcularon los egresos e ingresos para determinar relación beneficio/costo que brinde información de los costos adicionales que implica el uso del rhizobium en las parcelas en estudio.

5.5. Análisis de datos

Se utilizó bases de datos en el paquete estadístico de Infostat versión estudiantil, realizando una prueba de normalidad y homogeneidad de las variables. Para las variables que cumplieron los supuestos se realizaron pruebas T de Student para la comparación entre formas de aplicación del *Rhizobium* y para las que no lo hicieron se procedió con la prueba no paramétrica de Mann Whitney. La información se presentó en tablas y frecuencias.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Propiedades del suelo

Las propiedades del suelo son de mucha importancia, ya que son las encargadas de la nutrición de las plantas y tienen la responsabilidad del transporte de aire, color, agua, sustancias solubles a través del suelo estos pueden ser deterioradas con la labranza haciendo el suelo menos permeable y más susceptible a pérdidas por escorrentías y erosión. Los suelos físicamente son mezcla porosa inorgánica, materias orgánicas descompuestas, aire y agua. (Castillo E. , 2010)

Los resultados de la densidad aparente encontrados varían en cada uno de los tratamientos, para las parcelas de UCATSE con 1.16 g/cm^3 en la parcela que fue inoculada y con un promedio para la parcela que fue aplicada al drench con 1.42 gr/cm^3 , presentado en los datos tenemos que la parcela de Mauricio tiene 1.08 gr/cm^3 y la de Ronaldo con 1.26 gr/cm^3 .

La Densidad Aparente según Castillo (2005) en las parcelas con cultivo es baja, lo que está directamente relacionado con el efecto biofísico de la materia orgánica. Para las parcelas en estudio se han obtenido datos que están en estos valores, es importante considerar de igual manera que la materia orgánica está en un rango óptimo y esto influye directamente sobre la densidad aparente de estos suelos.

Tabla 2. Resultados de Densidad Aparente

Tratamientos	Sitio Uno	Sitio Dos	Sitio Tres	Sitio Cuatro	Sitio Cinco	Promedio
UCATSE Inoculada	0.99	1.15	1.04	1.46	1.17	1.16
UCATSE al drench	1.50	1.41	1.26	1.50	1.45	1.42
Mauricio, al drench	1.26	1.11	1.22	0.87	0.92	1.08
Ronaldo, Inoculada	1.29	1.24	1.20	1.21	1.37	1.26

La humedad en los suelos de UCATSE tenemos que la parcela que fue inoculada la semilla de frijol presenta un 28.29, más que la parcela que fue aplicada al drench con un 20.34, la parcela con más humedad es la de Mauricio Siles con un 36.30 y la de don Ronaldo con 22.13.

Existe una relación estrecha entre la textura del suelo (ver anexo 5) y su capacidad para retener agua, en este caso reflejada con el porcentaje de humedad presente al momento del muestreo. La necesidad de contar con la capacidad de medir el contenido de agua del suelo con las condiciones descritas, llevó a realizar un método simple y de bajo costo para medir directamente el contenido volumétrico de agua del suelo, el cual es presentado aquí junto con la descripción de los resultados. (Radulovich, 2009)

Tabla 3. Resultados Humedad gravimétrica

Tratamientos	Sitio	Sitio	Sitio	Sitio	Sitio	Promedio
	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	
UCATSE Inoculada	24.64	24.34	27.08	19.28	21.11	28.29
UCATSE al drench	24.30	19.68	21.23	17.29	19.21	20.34
Mauricio, al drench	37.78	24.85	33.80	31.76	33.27	36.30
Ronaldo, Inoculada	21.86	22.43	20.55	22.89	22.94	22.13

La evaluación visual de suelo tenemos que la parcela de Mauricio siles presenta un mejor suelo con 28 puntos, en cuanto a la estructura y consistencia, porosidad, compactación, cobertura y profundidad.

El Método de Evaluación Visual (EVS), está basado en la observación de importantes propiedades del suelo (textura, estructura, consistencia, porosidad, cobertura, presencia de lombrices, etc.) tomados como indicadores del estado de la calidad, los que se ordenaran en una tarjeta de calificación. Los indicadores del suelo son indicadores dinámicos, capaces de cambiar bajo los regímenes de manejos diferentes y presiones de uso del suelo, siendo sensibles al cambio, ellos advierten de forma rápida los cambios en las condiciones del suelo y constituyen una herramienta de supervisión eficaz. (Benites, 2015)

Tabla 4. Evaluación Visual de Suelo

Comunidad	Productor	Tratamiento	Suelo	Suma de indicadores
Santa Adelaida	UCATSE	Drench	Moderado	24
	UCATSE	Inoculada	Bueno	27
Arenales	Ronaldo Villarreyana	Inoculada	Bueno	26
	Mauricio Siles	Drench	Bueno	28
Suelo Pobre: <10		Suelo moderado: 10 a 25		Suelo bueno: > 25

El porcentaje más alto de materia orgánica es la parcela de Mauricio Siles con un 7.34, donde fue aplicado el *Rhizobium* al drench, siguiendo la parcela de UCATSE con un 6.81 % de materia orgánica donde fue inoculada la semilla de frijol.

La materia orgánica del suelo tienen muchas funciones importantes, ayuda a unir entre sí las partículas finas para formar unidades estructurales (agregados del suelo), mejora la aireación del suelo y la percolación y el movimiento descendente del agua, los ácidos orgánicos, que son productos de la descomposición de la materia orgánica del suelo, solubilizan el fósforo y otros nutrientes del suelo, y los hacen asimilable para los cultivos. (Castillo E. , 2010)

Tabla 5. Datos Materia orgánica

Comunidad	Productor	Tratamiento	Parte	Unidad	Resultado
Santa Adelaida	UCATSE	Inoculada	Alta	%	6.04
	UCATSE	Inoculada	Media	%	6.81
	UCATSE	Inoculada	Baja	%	5.87
	UCATSE	Drench	Alta	%	6.41
	UCATSE	Drench	Media	%	5.65
	UCATSE	Drench	Baja	%	5.65
Arenales	Mauricio Siles	Drench	Alta	%	5.23
	Mauricio Siles	Drench	Media	%	7.34
	Mauricio Siles	Drench	Baja	%	4.99

Comunidad	Productor	Tratamiento	Parte	Unidad	Resultado
	Ronaldo Villarreyna	Inoculada	Alta	%	3.02
Arenales	Ronaldo Villarreyna	Inoculada	Media	%	4.32
	Ronaldo Villarreyna	Inoculada	Baja	%	4.22

6.2. Desarrollo vegetativo del frijol

Los factores que influyen en las etapas del cultivo del frijol, y que a la vez afectan la duración de las etapas de desarrollo del frijol incluyen el genotipo (cuyas características, hábito de crecimiento y precocidad pueden variar), y el clima. Existen otros factores tales como las condiciones de fertilidad, las características físicas del suelo, la sequía y la luminosidad, entre otros, que causan variación en la duración de las etapas. (Fernando, Geps, & Lopez, 2008)

Al aplicar el tratamiento de forma edáfica e inoculación a la semilla, respecto de la variable altura de la planta medida a los 21 días y a la floración, la mayor altura obtenida fue con la inoculación de la semilla, en donde se presentaron valores de 40.54 y 46.77 cm a los 21 días y a la floración respectivamente. Estos resultados son estadísticamente significativos, ya que se encontró diferencia estadística (p valor < 0.05) para la variable altura de la planta según la prueba de Wilcoxon con una p valor de 0.0001.

Se obtuvo mayor altura al inocular la semilla, debido a que la fijación de nitrógeno comienza desde que la planta emerge, entonces la simbiosis planta - *Rhizobium* se da tempranamente, en comparación con la aplicación de forma edáfica del tratamiento, la altura fue menor porque el proceso inicia más tarde a los 15 días después de la siembra (DDS).

Resultados similares se informan en investigación realizada en la Universidad de Costa Rica, respecto del efecto por inoculación de la semilla en frijol, donde se encontraron diferencias significativas en la altura de la planta, lo que indica que la simbiosis muestra un efecto positivo. (Castro, Uribe, & Alvarado).

Tabla 6. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable altura (cm)

DDS	n (1)	n (2)	Media (1)	Media (2)	DE (1)	DE (2)	W	p (2 colas)
21	45	15	40.54	28.43	13.69	2.39	227.50	0.0001
45	45	15	46.77	38.30	11.60	6.86	312.50	0.0132

DDS: Días después de la siembra

DE: Desviación estándar

Grupo 1: Inoculación a semilla

Grupo 2: Al drench

Un comportamiento diferente se observó con relación a la variable largo de la hoja medida a los 21 y 45 días después de la siembra, donde los valores son mayores bajo inoculación de la semilla con 8.40 y 9.07 a los 21 y 45 días después de la germinación, respectivamente. No obstante, de acuerdo a la prueba de Wilcoxon a los 21 días se encontró diferencia significativa (p valor = 0.0067), mientras que, a la floración, los datos fueron similares (p valor = 0.9566). Las diferencias entre los tratamientos se observan a los 21 días, donde hay un efecto diferenciado, que desaparece a los 45 días, lo que puede deberse a que bajo ambos tratamientos se ha estabilizado el desarrollo del *Rizhobium* y la simbiosis funciona a su capacidad, asimilándose el nitrógeno de manera similar en las dos formas de aplicación.

El efecto del rizobio en el crecimiento es igualmente evidenciado en investigación realizada en la Universidad Nacional Agraria, donde se aplicó *Rizhobium*, micorrizas y 18-46-0; para la nutrición del frijol, encontrando que el rizobio aportó a la planta de frijol un aprovechamiento más eficiente de los fosfatos, dando como resultado una buena longitud de la hoja (Blandón & García, 2017)

Tabla 7. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable largo de la hoja (cm)

DDS	n (1)	n (2)	Media (1)	Media (2)	DE (1)	DE (2)	W	p (2 colas)
21	30	30	8.40	7.30	1.10	1.64	1093.00	0.0067
45	30	30	9.07	8.80	1.48	1.30	918.50	0.9566

DDS: Días después de la siembra

DE: Desviación estándar

Grupo 1: Inoculación a semilla

Grupo 2: Al drench

Similar comportamiento se encontró para la variable ancho de la hoja, en donde un mejor resultado se presentó aplicándolo inoculado a la semilla de acuerdo a las medias 5.75 y 7.17, tomando los datos a los 21 y 45 DDS (días después de la siembra), con diferencia significativa a los 21 días (p valor = 0.0226), mientras que, a la floración, los resultados fueron similares (p valor= 0.3217).

Cabrera, Santana e Izquierdo (2017) concluyeron que la aplicación de Rhizobium y fertilizante químico en *P. vulgaris*, no muestra diferencias significativas para la longitud y diámetro del tallo, número de hojas y fitomasa, a los 30 días después de la germinación, mientras que el número de nódulos se incrementa en el tratamiento con Rhizobium respecto a su combinación con fertilización química, apreciándose que el tratamiento con fertilizante químico afecta la nodulación de Rhizobium.

Tabla 8. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable ancho de la hoja (cm)

DDS	n (1)	n (2)	Media (1)	Media (2)	DE (1)	DE (2)	W	p (2 colas)
21	30	30	5.75	4.83	0.77	1.80	1064.50	0.0226
45	30	30	7.17	6.73	1.34	1.08	979.50	0.3217

DDS: Días después de la siembra

DE: Desviación estándar

Grupo 1: Inoculación a semilla

Grupo 2: Al drench

El comportamiento persiste al momento de analizar la variable ancho por largo ya que a los 21 y 45 DDS los mayores resultados se presentan con la inoculación a la semilla con valores de 48.80 y 66.67. De acuerdo a la prueba de Wilcoxon, únicamente se encontró diferencia significativa (p valor = 0.0001) a los 21 DDS, por consiguiente, a los 45 DDS en etapa de floración los datos son similares (p valor = 0.5698).

Según Cabrera, Santana, e Izquierdo (2017) si en los tratamientos no se inocula con Rhizobium, los resultados obtenidos se deben a la presencia de cepas nativas que actúan en la simbiosis, con cierto nivel de eficiencia en el crecimiento de las plantas, demostrando ello

que la aplicación de *Rhizobium* puede sustituir en la fase inicial la aplicación de fertilizante químico, pudiendo utilizar este en las fases críticas de las plantas.

Tabla 9. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable largo por ancho de la hoja (cm)

DDS	n (1)	n (2)	Media (1)	Media (2)	DE (1)	DE (2)	W	p (2 colas)
21	30	30	48.80	35.07	11.53	16.15	1174.00	0.0001
45	30	30	66.67	60.43	24.18	17.20	953.00	0.5698

DDS: Días después de la siembra

DE: Desviación estándar

Grupo 1: Inoculación a semilla

Grupo 2: Al drench

Caso contrario se presentó para la variable trifolio (ver anexo 10), ya que a los 21 días después de la siembra, los valores son iguales en ambos tratamientos con 4.30; lo que se confirma con la prueba de Wilcoxon que no muestra diferencia significativa con p valor = 0.8932. El efecto en esta variable no se ve afectado por la forma de aplicación, lo que significa que los primeros 15 días no reflejan una diferencia que permanezca hasta los 21 días, por lo que las plantas tuvieron el mismo comportamiento en cuanto a su desarrollo.

Este comportamiento fue observado también por Blandón y García (2017) en cuyos resultados observaron comportamiento similar a los 18 y 32 días después de la siembra, para la variable hojas trifoliadas y no se encontró diferencia significativa, entre los dos tratamientos.

Tabla 10. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable trifolio a los 21 DDS

N (1)	N (2)	Media (1)	Media (2)	DE (1)	DE (2)	W	p (2colas)
30	30	4.30	4.30	0.92	1.02	923.50	0.8932

DDS: Días después de la siembra

DE: Desviación estándar

Grupo 1: Inoculación a semilla

Grupo 2: Al drench

6.2.1. Desarrollo radicular

Para la variable desarrollo radicular, presentó mejor valor en lo que respecta a longitud de la raíz mediante la aplicación del inoculante a la semilla con una media de 23.60, en cambio al drench se obtuvo una media 19.43 lo que se pudo confirmar con la prueba de Wilcoxon obteniendo datos similares con p valor = 0.0743. El efecto en esta variable no se ve afectado por la forma de aplicación, por lo que las raíces tuvieron diferente desarrollo. Según (Debuci & Hidalgo, 2002) el sistema radical tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación, incluso dentro de una misma variedad.

Tabla 11. Prueba de Wilcoxon para muestras longitud de la raíz

Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
T1	15	23.60	3.79	23.00	5.17	0.0743
T2	15	19.43	5.33	18.00		

T (1) inoculación a la semilla T (2) al drench

6.2.2. Nodulación

Al momento de analizar la variable desarrollo radicular, se observa que a los 70 días después de la siembra, hay un mayor efecto al inocular la semilla teniendo un valor de 14.80. Sin embargo, de acuerdo a la prueba de Wilcoxon estadísticamente los resultados son similares (p valor = 0.1074). Es decir, la forma de aplicación del rhizobium no afecta su desarrollo y por consiguiente no se verá influenciada la formación de nódulos. El género *rhizobium* contiene cepas que forman nódulos de raíz y de tallo y fijan nitrógeno en condiciones de vida libre. (Wang E, 2011)

Tabla 12. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes nodulación

Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
T1	15	14.80	5.70	14.00	4.45	0.1074
T2	15	11.47	6.41	11.00		

T (1) inoculación T (2) al drench

6.3. Desarrollo productivo de la planta

Al momento de analizar la variable número de vainas por planta, se observa que a los 60 días después de la siembra, hay un mayor efecto con la aplicación al drench, teniendo un valor de 7.42. Sin embargo, de acuerdo a la prueba de Wilcoxon estadísticamente los resultados son similares (p valor = 0.3134). Es decir, la forma de aplicación del rizobio no afecta su desarrollo y por consiguiente no se verá influenciada la formación de vainas. El género *Rhizobium* contiene cepas que forman nódulos de raíz y de tallo y fijan nitrógeno en condiciones de vida libre. Las cepas de *Rhizobium* crecen lentamente (colonias de menos de 1 mm de diámetro después de 7 a 10 días de incubación) (Wang E, 2011)

Tabla 13. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable número de vainas

DDS	n (1)	n (2)	Media (1)	Media (2)	DE (1)	DE (2)	W	p (2 colas)
60	30	30	6.72	7.42	3.23	2.46	847.00	0.3134

DDS: Días después de la siembra DE: Desviación estándar

Grupo 1: Inoculación a semilla Grupo 2: Al drench

Tendencia similar en el comportamiento del rizobio aplicado al drench se observa con relación a la variable granos por vaina de la planta medida a los 65 días, que presentó la mayor cantidad de granos con medias de 39.32, pero de acuerdo a la Prueba T de Student no se encontró diferencia significativa para la variable, con una p valor de 0.2161. Según la investigación realizada en el Zamorano el año 2015, aplicando *Rhizobium* en frijol; se obtuvieron resultados que no presentaron diferencia significativa entre los tratamientos, para la variable granos por vaina (Nuñez J. , 2015)

Tabla 14. Prueba T para muestras independientes de la variable granos por vaina

DDS	n (1)	n (2)	Media (1)	Media (2)	p-valor	prueba
65	30	30	34.42	39.32	0.2161	Bilateral

DDS: Días después de la siembra Grupo 1: Inoculación a semilla Grupo 2: Al drench

Para la prueba independiente de la variable rendimiento, en los resultados obtenidos se pudo apreciar que no se encontró diferencias significativas, esto debido a que el manejo del cultivo de frijol es el mismo respecto a las dos formas de aplicación del tratamiento *Rhizobium*. Obteniendo un rendimiento de 1575.83 Kg/mz (35 qq/mz), en las parcelas donde se aplicó el tratamiento al drench. Caso contrario se presentó en la inoculación a la semilla, donde se alcanzaron rendimientos de 1487.54 Kg/mz (33 qq7mz).

En la investigación realizada por Mendoza (1998) los resultados mostraron diferencias significativas con relación al promedio del testigo absoluto, notándose que el mayor rendimiento lo presenta el tratamiento inoculado, donde se puede observar que el mayor rendimiento promedio lo presentan los tratamientos con alto nitrógeno.

Tabla 15. Prueba T para la muestra independiente variable rendimiento

n(1)	n(2)	Media (1)	Media (2)	Media (1)- Media (2)	LI (95)	LS (95)	pHom Var T	p-valor prueba
6	6	1487.54	1575.83	-88.29 - 828.66	652.08	0.5278	- 0.27	0.7959
Grupo 1. Inoculado		Grupo 2. Al drench						

6.4. Relación beneficio-costo

Al analizar los resultados referentes a los costos se presentan con mayor incremento la aplicación al drench en el cultivo de frijol con 240 córdobas más que la inoculación a la semilla, haciendo la comparación entre las parcelas de arenas de Ronaldo y Mauricio. Las parcelas de UCATSE que fue al drench son más altos los costos que la parcela inoculada con una diferencia de 292 córdobas.

El productor de grano comercial tiene una relación beneficio costo de 1.35 sin usar la tecnología de Inoculante de frijol y por introducir la tecnología (US\$6.00 dólares por manzana) está obteniendo una relación beneficio costo de 1.77, obteniéndose por tanto un incremento en su relación beneficio 0.42. Es decir que el productor esta obtenido un incremento del 42 % de rentabilidad en su actividad productiva (UPANIC, 2011)

Tabla 16. Costos de producción

Descripción	Ronaldo inoculada		Mauricio drench		UCATSE inoculada		UCATSE drench	
	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%
	C\$		C\$		C\$		C\$	
Semilla	210	10.5	210	10.58	210	6.15	210	5.5
Insumos agrícolas	727	20.5	807	40.66	828	26.29	918.00	34.02
Mano de obra	1367.5	68.4	1489	48.15	1,325.00	66.97	1,489.00	59.95
costos de rizobio	162	0.5	200	0.61	162	0.59	200	0.52
Total	2466.5	100.0	2,706.00	100	2,525.00	100	2,817.00	100

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados a los 21 días se observa estadísticamente un mayor efecto de la inoculación a la semilla para las variables altura, largo y ancho de la hoja y trifolio, que solamente se mantiene a los 45 dds para la variable altura, mientras que, para nodulación, número de vainas, granos por vaina y rendimiento no se encontraron diferencias estadísticas.

El efecto de la inoculación a la semilla favorece el desarrollo vegetativo de la planta en los primeros 21 días, pero ambos métodos de aplicación del *Rhizobium* ejercen similar efecto sobre las variables de rendimiento.

El cultivo de frijol muestra respuesta en rendimientos de grano y nodulación en la aplicación al drench con *Rhizobium*, bajo una perspectiva de baja inversión, pudiéndose usar con los dos métodos de aplicación, no obstante, se observa un leve incremento en costos y una reducción en la relación beneficio costo para la aplicación al drench. La combinación de una fertilización intermedia y el uso del inoculante, es una opción con mayores niveles de producción.

VIII. RECOMENDACIONES

Desarrollar procesos de colección, selección y aislamiento de cepas nativas en la búsqueda de cepas eficientes para diversificar la producción comercial de inoculantes.

Evaluar la competitividad de las cepas de *Rhizobium* mediante evaluaciones con la técnica de velocidad de nodulación.

Realizar un nuevo estudio con el objetivo de evaluar diferentes dosis de inoculante proporcionales a diferentes niveles de densidad de plantas.

Promover el uso de *Rhizobium* en parcelas bajo agricultura de conservación con bajos niveles de materia orgánica

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Argumedo, J. G. (2011). *Respuesta de diez variedades de habichuela (Phaseolus vulgarisL.) a la inoculación con Rhizobium spp. y fertilización con nitrógeno*. Zamorano, Honduras: Carrera de Ingeniería Agronómica.
- Benites, J. (2015). *Evaluación Visual Desuelo*.
<https://suelosandinos.files.wordpress.com/2015/02/evaluacion-visual-de-suelos-j-benites.pdf>.
- Blandón, M., & García, M. (2017). *Micorrizas y Rhizobium: opciones agroecológicas para la nutrición del frijol*. Universidad Nacional Agraria, Managua. Recuperado el 18 de 8 de 2020, de <http://www.cenida.una.edu.ni>
- Cabrera, Y., Santana, Y., & Izquierdo, M. (01 de Enero-Marzo de 2017). Efecto de la inoculación de Rhizobium sobre el crecimiento de Phaseolus vulgaris (frijol) en condiciones semicontroladas. *Avances*, 9. Recuperado el 04 de 11 de 2020, de <https://core.ac.uk/>
- Castillo, C. M. (2005). *Selección y calibración de indicadores locales y técnicos para evaluar la degradación de los suelos en laderas, en la microcuenca cuscamá el Tuma - La Dalia - Matagalpa*. Universidad Nacional Agraria, Matagalpa. Recuperado el 27 de Octubre de 2020, de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp35c352.pdf>
- Castillo, E. (2010). *Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos, matagalpa*. Matagalpa.
- Castro, L., Uribe, L., & Alvarado, A. (s.f.). Efecto del enriquecimiento de inoculante Rhizobium sobre el crecimiento del frijol común. *Agronomía Costarricense*, 5.
- CIAT. (1998). *Simbiosis leguminosa - Rhizobium*. Calí, Colombia.
- Debuci, D., & Hidalgo, R. (02 de Junio de 2002). *Morfología de la planta de frijol común*. Obtenido de Cgiar: <https://cgispace.cgiar.org/>
- Fernando, F., Geps, P., & Lopez, M. (2008). *Etapas de desarrollo en la planta de frijol*.
- Ferreira, S. (2009). *Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible*.
<https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/1.%20Materia%20org%C3%A1nica%20y%20actividad%20biol%C3%B3gica.pdf>.

- Gaitán, M., & Mairena, H. (2017). *Cuantificación de la fijación biológica de nitrógeno por cuatro especies de leguminosas mediante el método de abundancia natural*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Gonzales, J., & Peralta, E. (2009). *Herbario-Universidad Pública de Navarra - Pamplona España*. Obtenido de Herbario-Universidad Pública de Navarra - Pamplona España: https://www.unavarra.es/herbario/leguminosas/htm/creditos_L.htm
- Google Maps. (4 de Noviembre de 2019). *Mapa de Estelí*. Obtenido de Google Maps: <https://www.google.es/maps/@13.2521774,-86.368077,15z>
- INTA. (2009). *Guía Tecnológica para la producción de frijol común*. Managua, Nicaragua: Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. Recuperado el noviembre de 2019, de <http://www.inta.gob.com>
- Jarquín R, e. a. (2013). *“Evaluación de 13 Líneas Avanzadas de Fríjol Rojo (Phaseolus vulgaris) y un testigo para la tolerancia a la sequía, y adaptabilidad a condiciones agroecológicas de la zona, comunidad El Porcal, Municipio de San Lucas, Depto. de Madriz, 2012.”*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Madriz, Somoto. Recuperado el 13 de 8 de 2020, de <http://riul.unanleon.edu.ni/>
- López, L., Lépez, R., González, D., Rodríguez, R., López, E., & Olalde, V. (2017). Caracterización morfológica y bioquímica de cepas de Rhizobium colectadas en frijol común. *Fitotecnia Mexicana*, 40(1), 73-81. Recuperado el 5 de noviembre de 2019, de <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/40-1/8a.pdf>
- Mendoza, A. (1998). *Incremento de la rproductividad de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) a nivel de finca mediane la inoculación con Rhizobium Leguminosarum bv. Phaseoli*. Univeridad Nacional Agraria Facultad de Agronomía Escuela de Producción Vegetal, Managua, Managua. Recuperado el 04 de 11 de 2020, de <file:///D:/Documentos>
- Mora, F. (1995). *Selección de cepas nativas de Rhizobium leguminosarum bv phaseoli eficiencia en fijación biológica de nitrógeno en suelos de Costa Rica*. AGRONOMÍA MESOAMERICANA.
- Norriega F, R. M. (2012). *Buenas prácticas agrícolas (BPA)*. <http://www.fao.org/3/a1359s/a1359s03>.

- Nuñez. (2015). *Evaluación de la nodulación y rendimiento de líneas mejoradas de frijol en condiciones de bajo contenido de nitrógeno*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Nuñez, J. (2015). *Evaluación de la nodulación y rendimiento de líneas mejoradas de frijol en condiciones de bajo contenido de nitrógeno*. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Recuperado el 17 de 8 de 2020
- Paladines. (2017). *Evaluación de la respuesta del frijol común a la inoculación con Rhizobiumy Micorriza Vesículo-Arbuscular*. Zamorano, Honduras: Escuela Panamericana Zamorano.
- Paredes, M. (2013). *Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas*. San Benito, Argentina: Pontificia Universidad Católica Argentina.
- Patiño, J. (2015). *Agroclimatología aplicada al cultivo de frijol*. Boyaca, Colombia: Campus de la Universidad Pedagógica y Tecnológica. Recuperado el 02 de noviembre de 2019
- Radulovich, R. (2009). *Método gravimétrico para determinar in situ la humedad volumétrica del suelo*. Costa Rica: https://www.researchgate.net/publication/28317060_Metodo_gravimetrico_para_de_terminar_in_situ_la_humedad_volumetrica_del_suelo.
- UPANIC, U. F. (2011). *Apropiación del uso de inoculante como innovación tecnológica en la producción de frijol por pequeños y medianos productores*. Managua, Managua. Obtenido de <http://repiica.iica.int/>
- Valladares, R. (2009). *Respuesta de 12 genotipos de frijol a la inoculación con Rhizobiumbajo condiciones de estrés hídrico y baja fertilidad*. Zamorano, Honduras: Carrera de ciencias y produccion agropecuaria.
- Vallejos, B. &. (2005). *Caracterización y evaluación de 7 genotipos de frijol común grano color rojo (Phaseolus vulgaris L.)*. Managua: Universidad Autónoma de Nueva León.
- Vargas A. (2008). *Selección de genotipos de frijol común tolerantes a bajo contenido de nitrógeno en el suelo*. Honduras: Zamorano.
- Vargas, A. (2008). *Selección de genotipos de frijol común tolerantes a bajo contenido de nitrógeno en el suelo*. Zamorano, Honduras: Zamorano carrera de ciencias y produccion agropecuaria.

Viñals, M., & J., V. (1999). *Avances en la formulación y aplicación de inoculantes bacterianos de uso agrícola*. Cultivos Tropicales.

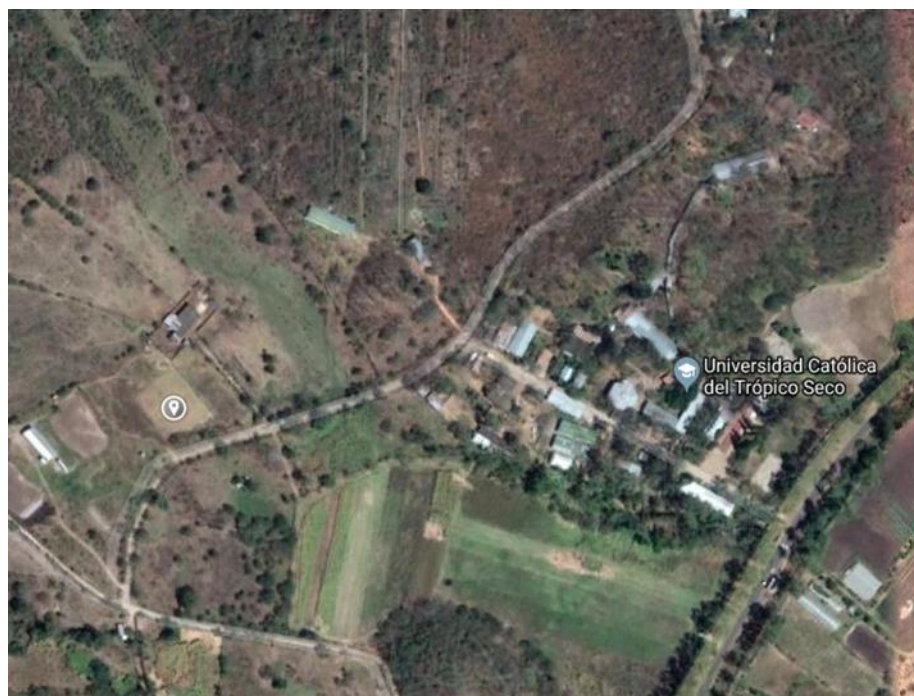
Wang E, M. J. (2011). *Rhizobium y su destacada simbiosis con plantas*. coyoacan, México:
<http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap8/>.

X. ANEXOS

Anexo 1. Clasificación de la densidad aparente en los suelos

Unidad de la (DA) g/cm ³	Clasificación
<1.0	Muy bajo
1.0 - 1.2	Bajo
1.2 - 1.45	Medio
1.45 - 1.60	Alto
>1.60	Muy alta

Anexo 2. Ubicación de las unidades experimentales tomadas de (Google Maps, 2019)



Comunidad Santa Adelaida (13.247316, -86.376896) UCATSE



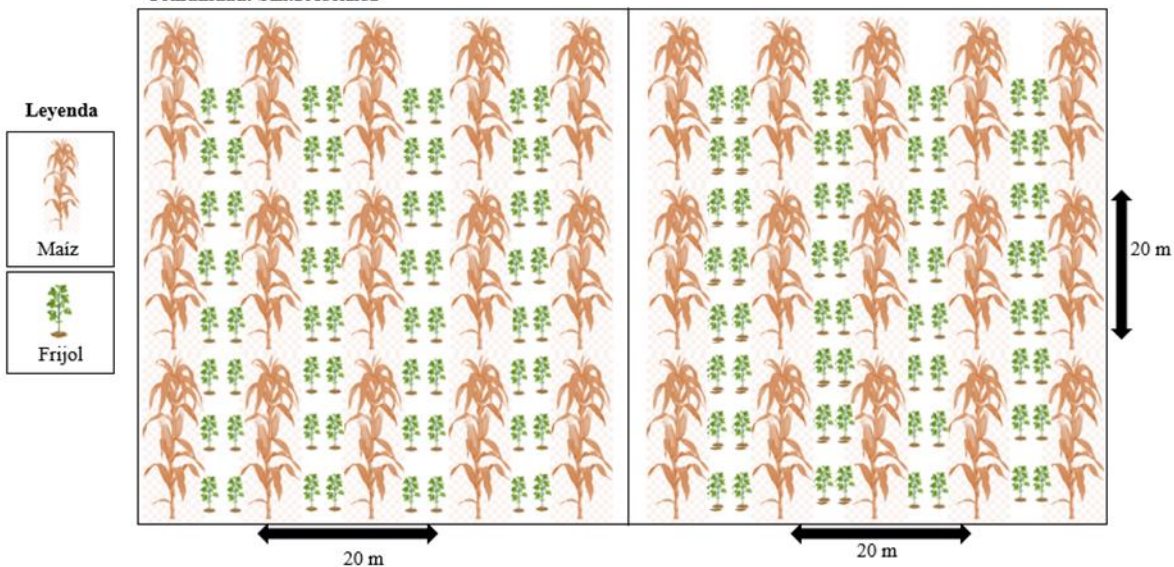
Comunidad Arenales (13.326808, -86.351603) Ronaldo Villarreyra



Comunidad Arenales (13.325370, -86.350578) Mauricio Siles

Anexo 3. Diseño de las parcelas en estudio

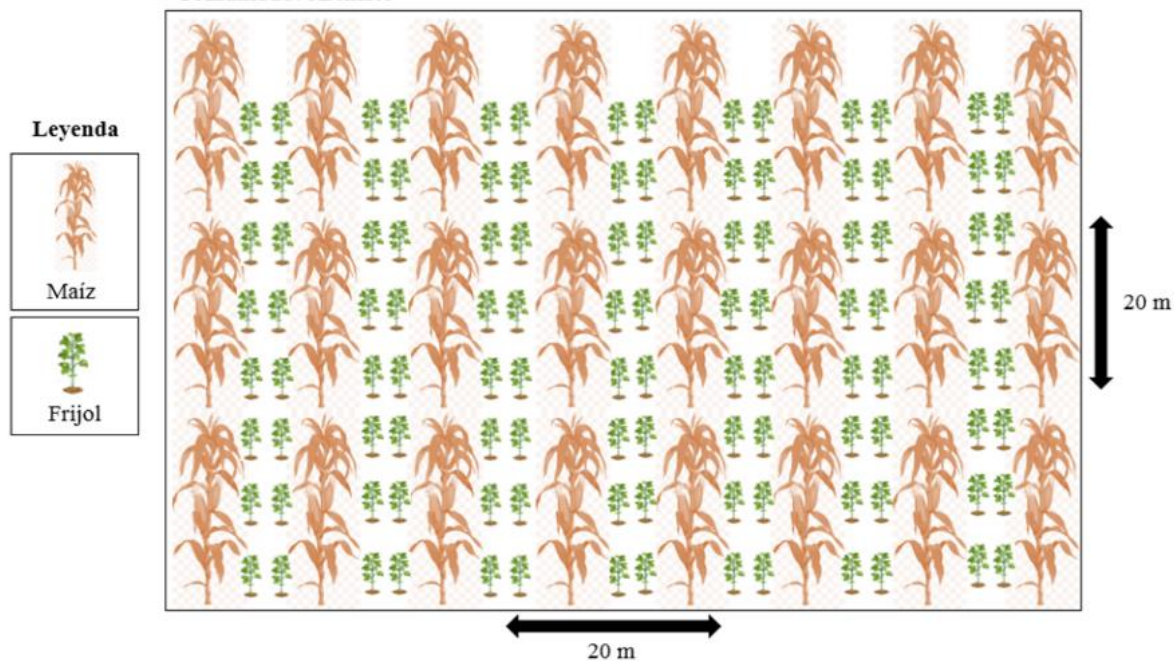
Productor: UCATSE
Comunidad: Santa Adelaida



Al drench + 12-30-10

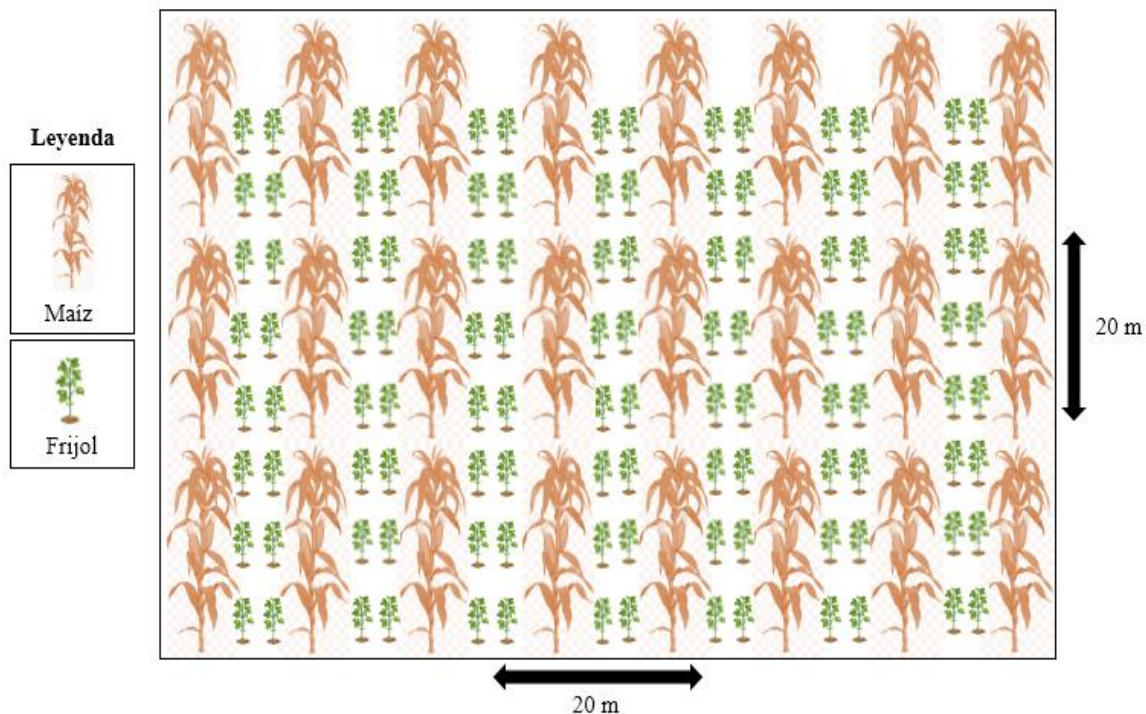
Inoculado + urea 46 %

Productor: Ronaldo Villarreyra
Comunidad: Arenales



Inoculado + UREA 46 %

Productor: Mauricio Siles
Comunidad: Arenales



Al drench + UREA 46%

Anexo 4. Distribución de los tratamientos

N°	Tratamientos	Productor
1	Inoculación de la semilla + Una dosis de urea 46% según análisis de suelo (2)	UCATSE, Santa Adelaida Ronaldo Villarreyna, Arenales
2	Aplicación de <i>Rhizobium</i> al drench cada 10 días + Una dosis de urea 46% según análisis de suelo (1)	Mauricio Siles, Arenales
3	Aplicación de <i>Rhizobium</i> al drench cada 10 día + Dosis de 12-30-10 (1)	UCATSE, Santa Adelaida

Anexo 5. Aplicación de Rhizobium al drench en frijol



Anexo 6. Inoculación a la semilla de frijol con Rhizobium



Anexo 7 Análisis completo de las parcelas en estudio



LABORATORIOS QUIMICOS S.A.
LAQUISA

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: Proyecto ASA UCATSE/CRS

Lugar muestreo: Finca: El Porvenir

Dirección: Km 166 1/2 carretera Panamericana. Estelí

Munic./Depto.: Condega/Estelí

Nombre muestra: Productor: José Ronaldo Villareyna,
Comunidad: San Pedro de Arenales, Tipo
de Parcela: Agricultura

Fecha muestreo: 02/06/2016

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 26/07/2016

Fecha ingreso: 05/07/2016

Muestreado por: Cliente

Ref. laboratorio: Su-4604-16

Número de muestreo:

Análisis	Unidad	Resultado
pH	-	6.6
pH(KCl)	-	5.5
Materia Orgánica	%	3.42
Nitrógeno	ppm	0.17
Fósforo	ppm	23.2
Sodio	meq/100g	0.176
Potasio	meq/100g	0.966
Calcio	meq/100g	26.662
Magnesio	meq/100g	10.896
Hierro	ppm	78.6
Cobre	ppm	0.6
Zinc	ppm	0.2
Manganeso	ppm	19.6
Boro	ppm	0.5
Azufre	ppm	9.9
Aluminio Intercambiable	meq/100g	<0.1

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA.



Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General

Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



Tele-fax: (2311-2451)
Cel. Ofic. 88542550
Cel. Móvil. 88542644

LABORATORIOS QUIMICOS S.A.

LAQUISA

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: Proyecto ASA UCATSE/CRS

Lugar muestreo: Finca: El Porvenir

Dirección: Km 166 1/2 carretera Panamericana. Esteli

Munic./Depto.: Condega/Esteli

Nombre muestra: Productor: José Ronaldo Villareyna,
Comunidad: San Pedro de Arenales, Tipo
de Parcela: Agricultura

Fecha muestreo: 02/06/2016

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 26/07/2016

Fecha ingreso: 05/07/2016

Muestreado por: Cliente

Ref. laboratorio: Su-4604-16

Número de muestreo:

Análisis	Unidad	Resultado
Densidad Aparente	g/ml	1.38
Arcilla	%	11.20
Limo	%	31.28
Arena	%	57.52
Textura	-	Franco Arenoso
Ca+Mg/K	-	38.88
Ca/Mg	-	2.45
Ca/K	-	27.60
Mg/K	-	11.28

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA



Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General

Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



LABORATORIOS QUIMICOS S.A.
LAQUISA

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: Proyecto ASA UCATSE/CRS **Lugar muestreo:** Finca: La Castaña

Dirección: Km 166 1/2 carretera Panamericana. Esteli **Munic./Depto.:** Condega/Esteli

Nombre muestra: Productor: Mauricio Siles, Comunidad: San Pedro de Arenales, Tipo de Parcela: Agricultura **Fecha muestreo:** 27/05/2016

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 26/07/2016

Fecha ingreso: 05/07/2016

Muestreado por: Cliente

Ref. laboratorio: Su-4613-16

Número de muestreo:

Análisis	Unidad	Resultado
pH	-	6.5
pH(KCl)	-	5.9
Materia Orgánica	%	7.58
Nitrógeno	ppm	0.38
Fósforo	ppm	17.4
Sodio	meq/100g	0.292
Potasio	meq/100g	1.560
Calcio	meq/100g	24.317
Magnesio	meq/100g	6.948
Hierro	ppm	61.0
Cobre	ppm	3.1
Zinc	ppm	0.8
Manganeso	ppm	22.3
Boro	ppm	0.5
Azufre	ppm	10.5
Aluminio Intercambiable	meq/100g	<0.1

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA



Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General

Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



LABORATORIOS QUIMICOS S.A.

LAQUISA

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: Proyecto ASA UCATSE/CRS **Lugar muestreo:** Finca: La Castaña

Dirección: Km 166 1/2 carretera Panamericana. Esteli **Munic./Depto.:** Condega/Esteli

Nombre muestra: Productor: Mauricio Siles, Comunidad: San Pedro de Arenales, Tipo de Parcela: Agricultura **Fecha muestreo:** 27/05/2016

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 26/07/2016

Fecha ingreso: 05/07/2016

Muestreado por: Cliente

Ref. laboratorio: Su-4613-16

Número de muestreo:

Análisis	Unidad	Resultado
Densidad Aparente	g/ml	1.29
Arcilla	%	13.56
Limo	%	29.28
Arena	%	57.16
Textura	-	Franco Arenoso
Ca+Mg/K	-	20.04
Ca/Mg	-	3.50
Ca/K	-	15.59
Mg/K	-	4.45

*LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA.*



Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General

Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



Telefax: (2222-2451)
Cel. Ofic. 89342590
Cel. Móvil. 85642644

LABORATORIOS QUIMICOS S.A.
LAQUISA

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: Proyecto ASA UCATSE/CRS **Lugar muestreo:** Finca: Santa Adelaila

Dirección: Km 166 1/2 carretera Panamericana. Esteli **Munic./Depto.:** Esteli/Esteli

Nombre muestra: Productor: UCATSE, Comunidad: Santa Adelaida, Tipo de Parcela: Agricultura **Fecha muestreo:** 26/04/2016

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 26/07/2016

Fecha ingreso: 05/07/2016

Muestreado por: Cliente

Ref. laboratorio: Su-4625-16

Número de muestreo:

Análisis	Unidad	Resultado
pH	-	6.6
pH(KCl)	-	5.8
Materia Orgánica	%	4.24
Nitrógeno	ppm	0.21
Fósforo	ppm	32.3
Sodio	meq/100g	0.348
Potasio	meq/100g	1.288
Calcio	meq/100g	22.874
Magnesio	meq/100g	7.154
Hierro	ppm	88.6
Cobre	ppm	6.0
Zinc	ppm	3.4
Manganeso	ppm	30.7
Boro	ppm	0.4
Azufre	ppm	14.1
Aluminio Intercambiable	meq/100g	<0.1
Densidad Aparente	g/ml	1.17

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.

Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA



Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General

Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



Telefno: (2222-2451)
Cari. Ofic.: 89942592
Cari. Movil.: 88522644

LABORATORIOS QUIMICOS S.A.
LAQUISA

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: Proyecto ASA UCATSE/CRS **Lugar muestreo:** Finca: Santa Adelaila

Dirección: Km 166 1/2 carretera Panamericana. Esteli **Munic./Depto.:** Esteli/Esteli

Nombre muestra: Productor: UCATSE, Comunidad: Santa Adelaila, Tipo de Parcela: Agricultura **Fecha muestreo:** 26/04/2016

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 26/07/2016

Fecha ingreso: 05/07/2016

Muestreado por: Cliente

Ref. laboratorio: Su-4625-16

Número de muestreo:

Análisis	Unidad	Resultado
Arcilla	%	32.48
Limo	%	35.08
Arena	%	32.44
Textura	-	Franco Arcilloso
Ca+Mg/K	-	23.31
Ca/Mg	-	3.20
Ca/K	-	17.76
Mg/K	-	5.55

*LAQUISA es responsable la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA.*



Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General

Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo

Anexo 8. Evaluación visual de suelo (EVS)

Evaluación Visual del Suelo			
Nombre del Productor: UCATSE (DRENCH)			
Uso del Suelo: Agrícola			
Comunidad: Santa Adelaida		Municipio: Estelí	
Finca / Lote:		Fecha: Febrero 2020	
Tipo de suelo:			
Textura	Arenoso	Arcilloso: X	Franco:
Humedad	Seco: X	Ligeramente húmedo:	Húmedo
Clima	Invierno:	Verano: X	Canícula
Indicadores Visuales	Calificación	Factor	Valor por indicador
	0 = condición pobre		
	1 = condición moderada		
	2 = condición buena		
Estructura y Consistencia	2	X 3	6
Porosidad	2	X 2	4
Coloración	2	X 2	4
Numero y color de moteado	0	X 1	0
Conteo de lombrices	0	X 2	0
Compactación	1	X 1	1
Cobertura	2	X 3	6
Profundidad	1	X 3	3
Suma de Indicadores			24
Interpretación de Calidad del Suelo			Puntos
Suelo Pobre			<10
Suelo Moderado: X			10 a 25
Suelo Bueno:			> 25

Evaluación Vis+A46:E100ual del Suelo			
Nombre del Productor: UCATSE (INOCULADA)			
Uso del Suelo: Agrícola			
Comunidad: Santa Adelaida		Municipio: Estelí	
Finca / Lote:		Fecha: Febrero 2020	
Tipo de suelo:			
Textura	Arenoso	Arcilloso: X	Franco:
Humedad	Seco: X	Ligeramente húmedo:	Húmedo
Clima	Invierno:	Verano: X	Canícula
Indicadores Visuales	Calificación	Factor	Valor por indicador
	0 = condición pobre		
	1 = condición moderada		
	2 = condición buena		
Estructura y Consistencia	2	X 3	6
Porosidad	2	X 2	4
Coloración	2	X 2	4
Numero y color de moteado	0	X 1	0
Conteo de lombrices	0	X 2	0
Compactación	1	X 1	1
Cobertura	3	X 3	9
Profundidad	1	X 3	3
Suma de Indicadores			27
Interpretación de Calidad del Suelo			Puntos
Suelo Pobre			<10
Suelo Moderado:			10 a 25
Suelo Bueno: X			> 25

Evaluación Visual del Suelo			
Nombre del Productor: Ronaldo Villarreyra (INOCULADA)			
Uso del Suelo: Agrícola			
Comunidad: Arenales		Municipio: Condega	
Finca / Lote:		Fecha: Febrero 2020	
Tipo de suelo:			
Textura	Arenoso	Arcilloso:	Franco: X
Humedad	Seco: X	Ligeramente húmedo:	Húmedo
Clima	Invierno:	Verano: X	Canícula
Indicadores Visuales	Calificación	Factor	Valor por indicador
	0 = condición pobre		
	1 = condición moderada		
	2 = condición buena		
Estructura y Consistencia	2	X 3	6
Porosidad	2	X 2	4
Coloración	1	X 2	2
Numero y color de moteado	1	X 1	1
Conteo de lombrices	0	X 2	0
Compactación	1	X 1	1
Cobertura	3	X 3	9
Profundidad	1	X 3	3
Suma de Indicadores			26
Interpretación de Calidad del Suelo			Puntos
Suelo Pobre			<10
Suelo Moderado:			10 a 25
Suelo Bueno: X			> 25

Evaluación Visual del Suelo			
Nombre del Productor: Mauricio Siles (INOCULADA)			
Uso del Suelo: Agrícola			
Comunidad: Arenales		Municipio: Condega	
Finca / Lote:		Fecha: Febrero 2020	
Tipo de suelo:			
Textura	Arenoso	Arcilloso: X	Franco:
Humedad	Seco: X	Ligeramente húmedo:	Húmedo
Clima	Invierno:	Verano: X	Canícula
Indicadores Visuales	Calificación	Factor	Valor por indicador
	0 = condición pobre		
	1 = condición moderada		
	2 = condición buena		
Estructura y Consistencia	2	X 3	6
Porosidad	2	X 2	4
Coloración	2	X 2	4
Numero y color de moteado	1	X 1	1
Conteo de lombrices	0	X 2	0
Compactación	1	X 1	1
Cobertura	2	X 3	6
Profundidad	2	X 3	6
Suma de Indicadores			28
Interpretación de Calidad del Suelo			Puntos
Suelo Pobre			<10
Suelo Moderado:			10 a 25
Suelo Bueno: X			> 25

Anexo 8. Evaluación visual de suelo (EVS)



Anexo 9. Análisis químico del suelo



LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-E

INFORME DE ANÁLISIS

Ciente: UCATSE
Dirección: Km 166 1/2 carretera Panamericana. Esteli
Nombre de muestra: UCATSE, Parcela ASA parte alta
Descripción muestra: Suelo
Fecha ingreso: 2020/05/21
Ref. laboratorio: SU-2847-20
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: Santa Adelaida
Municipio/Depto.: Esteli -Esteli
Fecha muestreo: 2020/04/29
Fecha de realización de ensayo: 2020/05/22-2020/06/04
Fecha de emisión: 2020/06/04
Muestreado por: Cliente

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Materia Orgánica	NOM-021-RECNAT-2000 / AS-07	%	6,64



LABORATORIOS QUÍMICOS, S.A
LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-E

INFORME DE ANÁLISIS

Ciente: UCATSE
Dirección: Km 166 1/2 carretera Panamericana. Esteli
Nombre de muestra: UCATSE, Parcela ASA parte media
Descripción muestra: Suelo
Fecha ingreso: 2020/05/21
Ref. laboratorio: SU-2848-20
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: Santa Adelaida
Municipio/Depto.: Esteli -Esteli
Fecha muestreo: 2020/04/29
Fecha de realización de ensayo: 2020/05/22-2020/06/04
Fecha de emisión: 2020/06/04
Muestreado por: Cliente

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Materia Orgánica	NOM-021-RECNAT-2000 / AS-07	%	6,81

Anexo 10. Conteo de vainas por planta



Anexo 11. Conteo de granos por vaina



Anexo 12. Conteo de nódulos



Anexo 13. Raíces noduladas del frijol



Anexo 14. Longitud de la raíz

