

Universidad Internacional
para el Desarrollo Sostenible



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y
EMPRESARIALES**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**« Evaluación del Efecto de la Inoculación con
Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli
sobre la Productividad del Frijol (*Phaseolus
vulgaris L.*), en la finca El Horno. Durante la
Época de Primera 2025»**

TUTOR: Ing. Isidro Alexander Obando Pichardo

Cédula No. 449-150572-0002K

Ingeniero Agropecuario, consultor independiente

ALUMNO: Br. Félix Walther Aguilar Real

Jinotega, Nicaragua

23 de diciembre 2025

Índice

Contenido	Página
I. Introducción.....	8
II. Planteamiento del Problema	9
2.1. Situación actual (diagnóstico general)	9
2.2. Pronóstico sin intervención.....	10
2.3. Control del pronóstico	10
2.4. Vacío de conocimiento	10
2.5. Formulación del problema	11
2.6. Delimitaciones	11
III. Antecedentes.....	12
3.1. Antecedentes nacionales.....	12
3.2. Antecedentes internacionales	12
IV. Justificación	13
V. Objetivos	14
VI. Marco teórico.....	15
6.1. Importancia del frijol común en sistemas de producción campesinos 15	
6.2. Fijación biológica de nitrógeno en frijol y simbiosis con Rhizobium	15
6.3. Fertilidad del suelo, uso de fertilizantes sintéticos y sus limitaciones 16	
6.4. Inoculantes biológicos como alternativa agroecológica	17
6.5. Evidencia de la respuesta del frijol a la inoculación con Rhizobium.	18
6.6. Relación del marco teórico con la presente investigación.....	19
VII. Hipótesis.....	20
VIII. Diseño Metodológico.....	20
8.1. Enfoque y diseño de la investigación	20
8.2. Variables de investigación	20
8.3. Operacionalización de variables	21
8.4. Población y muestra.....	21
8.5. Recolección y análisis de datos	22
IX. Resultados.....	23

Tabla 1. Resultados por tratamiento con y sin inoculación de acuerdo a las fases fenológicas del cultivo del frijol, variedad INTA H-Vaina blanca en finca El Horno, Jinotega.....	23
Figura 1. Producción quintales de frijol por manzana por tratamiento con y sin inoculante ciclo de primera 2025, finca El Horno, Jinotega.	24
X. Discusión y Análisis.....	24
10.1. Variable 1. Número de nódulos	24
10.2. Variable 2. Altura de planta	25
10.3. Variable 3. Rendimiento	25
10.4. Comprobación de la hipótesis	26
XI. Conclusiones.....	26
XII. Recomendaciones	28
XIII. Bibliografía	29
XIV. Anexos	30

Agradecimientos

A **Dios** nuestro señor soberano por sustentar nuestros pasos en nuestras vidas y permitirme darme las fuerzas para culminar con éxitos mis estudios.

A mi madre **María del Carmen Real López**, como parte fundamental, por su trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ella he logrado llegar hasta aquí, y convertirme en el que soy.

A mi padre **Félix Pedro Aguilar Moreno**, gracias por tu apoyo incondicional, tu fe en mí ha iluminado mi camino para este logro.

A nuestros profesores por estar siempre presentes acompañándonos y por el apoyo moral que nos han brindado a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que nos abrieron las puertas, y compartieron sus conocimientos.

Agradezco a nuestros docentes de la **Universidad Internacional para el Desarrollo Sostenible UNIDES**, sede Matagalpa, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial al tutor de nuestro trabajo de grado quien ha guiado con su paciencia y su rectitud como docente, y al **Sr. Mario Zeledón propietario de la finca El Horno**, por haberme facilitado la finca para realizar este trabajo de investigación

Dedicatoria

Dedico a **Dios** nuestro padre, por darme las fuerzas y la sabiduría para alcanzar mis metas propuestas en el transcurso de mis estudios.

A mi madre, **María del Carmen Real López**, ya que sin su apoyo no hubiera sido posible cumplir mis sueños y anhelo de obtener mi Técnico Superior en Administración de la Producción Agropecuaria.

A mi profesor de clases y tutor del presente trabajo **Ing. Alexander Obando Pichardo** por brindarme siempre su apoyo.

A la **Ing. MSc. Ruth María Mercado García**, coordinadora de la carrera: Técnico Superior en Administración de la Producción Agropecuaria que imparte la **UNIDES**, sede Matagalpa, por su colaboración en hacer posible este triunfo.

A todos los maestros que a lo largo de este proceso compartieron sus conocimientos y nos brindaron su apoyo en los momentos de dificultad, por sus consejos y enseñanzas.

A todas aquellas personas que me brindaron su valioso aporte en la realización de la presente investigación.

A todo el personal que labora en la finca El Horno, por su colaboración en brindarme información para la realización del presente documento.

Resumen

El presente trabajo tuvo como propósito evaluar el efecto de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* sobre la productividad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad INTA H-Vaina blanca en la finca El Horno, Jinotega, durante la época de primera 2025. Se desarrolló un estudio de enfoque cuantitativo con diseño pre-experimental de comparación de grupo estático, en el que se analizaron dos tratamientos: una manzana de frijol inoculada (C.I.) y una manzana sin inocular (S.I.), bajo siembra convencional al espeque. La información se obtuvo mediante una ficha técnica de la finca y el muestreo destructivo de 10 plantas por manzana en diferentes fases fenológicas, registrando número de nódulos, altura de planta y rendimiento por manzana.

Los resultados mostraron un ligero incremento en el número de nódulos, en el vigor de las plantas y en el rendimiento promedio de la parcela inoculada, que alcanzó 37.85 quintales por manzana frente a 33.76 quintales por manzana en la parcela sin inoculación. Bajo las condiciones y limitaciones del diseño utilizado, estos hallazgos sugieren que la inoculación biológica puede asociarse con una mayor productividad del cultivo de frijol en la finca El Horno y constituyen una base preliminar para futuros estudios experimentales con mayor rigor estadístico.

Palabras clave: frijol común, *Rhizobium*, inoculación, rendimiento, sostenibilidad.

Opinión del tutor

Como tutor del trabajo de grado “**Evaluación del Efecto de la Inoculación con *Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli* sobre la Productividad del Frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), en la finca El Horno. Durante la Época de Primera 2025**”, elaborado por el **Bachiller Félix Walther Aguilar Real**; para obtener el título de Técnico Superior en Administración de la Producción Agropecuaria, hago contar primeramente que el tema de investigación seleccionado es pertinente, oportuno y con resultados que contribuyen al mejoramiento de la productividad del frijol común en las fincas de pequeños y medianos agricultores. Así también deseo expresar que el autor ha tenido mucha disciplina y dedicación en la realización de este trabajo de grado tanto en la recolección de la información, como en la estructura y redacción, lo cual se ve reflejado en el contenido y presentación del documento.

En mi opinión, el trabajo de grado cumple con los aspectos técnicos y metodológicos acordes con el nivel pre-experimental descrito y aporta elementos útiles para la comprensión del problema focal, referido al bajo rendimiento promedio del frijol asociado a la limitada fertilidad nitrogenada del suelo y al uso de fertilizantes químicos que incrementan los costos de producción.

Por tanto doy fe que el trabajo de grado reúne los estándares científicos y metodológicos exigidos por la UNIDES sede Matagalpa, para ser presentado y sometido a evaluación.

Le deseo los mayores éxitos que se merece por su responsabilidad y empeño asumido en su trabajo de investigación.

Ing. Isidro Alexander Obando Pichardo

Tutor

I. Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los principales cultivos alimenticios en Nicaragua y una fuente esencial de proteína vegetal para la población rural y urbana. En muchas fincas de pequeños y medianos productores, el frijol constituye un componente clave de la seguridad alimentaria familiar y una importante fuente de ingreso económico.

Entre las limitantes más importantes para alcanzar rendimientos competitivos se encuentra la baja disponibilidad de nitrógeno en el suelo. Tradicionalmente, este nutriente se ha suplido mediante fertilizantes químicos, lo que incrementa los costos de producción y, en algunos casos, puede generar impactos ambientales negativos. Frente a esta problemática, el uso de inoculantes biológicos a base de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* se presenta como una alternativa tecnológica económica y ecológica para mejorar la fijación biológica de nitrógeno (FBN) y, en consecuencia, la productividad del cultivo.

Diversos estudios han demostrado que la inoculación de frijol con cepas eficientes de *Rhizobium* puede contribuir a incrementar el número de nódulos radicales, el crecimiento vegetativo y el rendimiento de grano, especialmente en suelos con poblaciones nativas reducidas de rizobios. Sin embargo, la respuesta a la inoculación depende de factores como el tipo de suelo, la variedad utilizada, el manejo agronómico y las condiciones climáticas, por lo que es necesario generar información local que oriente la toma de decisiones en cada finca.

La finca El Horno, ubicada en la comunidad Pita El Horno, empalme El Hatillo, kilómetro 133½ sobre la carretera Jinotega–El Guayacán, solicitó la realización de un estudio de evaluación del efecto de la inoculación en la variedad INTA H-Vaina blanca bajo condiciones de siembra convencional al espeque. El interés del productor es conocer si la aplicación de inoculante puede asociarse con un mejor desempeño del cultivo frente al manejo habitual sin inoculación.

En este contexto, se planteó un estudio de enfoque cuantitativo con diseño pre-experimental de comparación de grupo estático, en el que se analizaron dos

tratamientos: una manzana con inoculante (C.I.) y una manzana sin inoculante (S.I.). El presente documento describe el proceso de evaluación, los principales resultados obtenidos y las conclusiones derivadas, que se consideran de utilidad como referencia inicial para la finca El Horno y para otros productores con condiciones similares.

El trabajo se estructura en los siguientes capítulos: en el capítulo I se presenta la introducción; en el capítulo II se expone el planteamiento del problema; en el capítulo III se describen los antecedentes más relevantes; en el capítulo IV se desarrolla la justificación; en el capítulo V se formulan los objetivos; en el capítulo VI se presenta el marco teórico; en el capítulo VII se incluye la hipótesis; en el capítulo VIII se describe el diseño metodológico; en el capítulo IX se muestran los resultados; en el capítulo X se realiza la discusión y análisis; en el capítulo XI se presentan las conclusiones; en el capítulo XII las recomendaciones; y finalmente, en los capítulos XIII y XIV se detallan la bibliografía consultada y los anexos.

II. Planteamiento del Problema

2.1. Situación actual (diagnóstico general)

En Nicaragua, y particularmente en el departamento de Jinotega, el frijol constituye uno de los pilares de la dieta básica. Sin embargo, muchos productores enfrentan rendimientos por debajo de su potencial, lo que limita sus ingresos y su capacidad de respuesta ante variaciones de precios o condiciones climáticas adversas. Entre los factores que explican estos bajos rendimientos se encuentran la degradación progresiva de los suelos, la insuficiente fertilidad nitrogenada y la dependencia de fertilizantes químicos de alto costo.

En la finca El Horno, dedicada a la producción de frijol variedad INTA H-Vaina blanca, se siembran aproximadamente 28 manzanas, con rendimientos promedio que no alcanzan los niveles deseables de productividad para las condiciones agroecológicas de la zona. La limitada disponibilidad de nitrógeno en el suelo y el

costo de los insumos químicos constituyen una restricción técnica y económica para el productor.

2.2. Pronóstico sin intervención

Si se mantiene el manejo tradicional sin innovaciones tecnológicas, es previsible que los rendimientos continuarán siendo bajos y que la finca seguirá dependiendo de fertilizantes químicos para suplir el nitrógeno requerido por el cultivo. Esto puede afectar la rentabilidad de la actividad productiva, así como la capacidad de la finca para sostener la producción a mediano y largo plazo.

2.3. Control del pronóstico

Entre las alternativas disponibles para enfrentar esta problemática se encuentra el uso de inoculantes biológicos a base de *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli, los cuales pueden favorecer la fijación biológica de nitrógeno y contribuir a mejorar el crecimiento y rendimiento del frijol. Sin embargo, la adopción de esta tecnología requiere de información local que permita al productor valorar, bajo sus propias condiciones, si la inoculación representa una opción viable.

2.4. Vacío de conocimiento

Aunque existen estudios nacionales e internacionales que reportan incrementos en la productividad del frijol mediante la inoculación con *Rhizobium*, en la finca El Horno no se contaba con información específica que mostrara el comportamiento de la variedad INTA H-Vaina blanca con y sin inoculación bajo el manejo agronómico convencional al espeque. Este vacío de conocimiento dificulta la toma de decisiones informadas por parte del productor.

2.5. Formulación del problema

En función de lo anterior, surge la siguiente interrogante de investigación:

¿Cuál es el efecto de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* sobre la productividad del frijol común variedad INTA H-Vaina blanca en la finca El Horno durante la época de primera 2025?

2.6. Delimitaciones

- **Delimitación espacial:** finca El Horno, comunidad Pita El Horno, empalme El Hatillo, kilómetro 133½, carretera Jinotega–El Guayacán.
- **Delimitación temporal:** ciclo de producción de primera del año 2025.
- **Delimitación temática:** evaluación del número de nódulos radicales, altura de planta y rendimiento de frijol variedad INTA H-Vaina blanca en dos tratamientos: con inoculación (C.I.) y sin inoculación (S.I.).
- **Delimitación de diseño:** estudio de enfoque cuantitativo con diseño pre-experimental de comparación de grupo estático, sin replicación de parcelas.

III. Antecedentes

3.1. Antecedentes nacionales

El Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2024) ha reportado incrementos en la productividad del frijol de hasta un 28 % cuando se utilizan inoculantes biológicos apropiados en diferentes zonas del país. Estos resultados indican que, bajo determinadas condiciones de suelo y manejo, la inoculación puede representar una práctica agronómica favorable para mejorar el rendimiento del cultivo.

Ordoñez Ponce y Martínez Hernández (2020), en un estudio realizado en Nicaragua bajo condiciones de agricultura de conservación, evaluaron dos métodos de aplicación de *Rhizobium* como fijador de nitrógeno en el cultivo de frijol en postera, encontrando que la inoculación de la semilla, en comparación con la inoculación edáfica, generó un mayor desarrollo vegetativo y rendimientos entre 33 y 35 quintales por manzana.

3.2. Antecedentes internacionales

Álvarez Ruiz (2022) evaluó la fijación biológica de nitrógeno en tres variedades mejoradas de frijol común mediante el método de dilución isotópica ^{15}N , encontrando que las combinaciones de las variedades INTA Nutritivo e INTA Biofortificado inoculadas con la cepa Zamorano presentaron los mayores rendimientos de nitrógeno total en la biomasa aérea. Estos resultados confirman que la respuesta a la inoculación depende de la interacción variedad–cepa y del manejo agronómico.

En conjunto, estos antecedentes muestran que la inoculación con cepas eficientes de *Rhizobium* puede incrementar la nodulación, el crecimiento vegetativo y el rendimiento del frijol, aunque los resultados son sensibles a las condiciones

específicas del sitio. Este contexto respalda la pertinencia de evaluar el efecto de la inoculación en la finca El Horno.

IV. Justificación

La presente investigación es pertinente porque aborda un problema técnico y económico de importancia para la seguridad alimentaria y la producción de frijol en el departamento de Jinotega. El bajo rendimiento promedio del cultivo, asociado a la limitada disponibilidad de nitrógeno en el suelo y al elevado costo de los fertilizantes químicos, afecta directamente la rentabilidad de la finca El Horno y la capacidad de la familia productora para mantener y ampliar su actividad.

El uso de inoculantes biológicos a base de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* constituye una alternativa de bajo costo y amigable con el medio ambiente para mejorar la fijación biológica de nitrógeno, reducir parcialmente la dependencia de fertilizantes nitrogenados sintéticos, conservar la calidad del suelo y contribuir a una mayor productividad y sostenibilidad del sistema de producción.

Generar información local, aunque sea preliminar, sobre el comportamiento del cultivo de frijol con y sin inoculación en la finca El Horno permitirá al productor tomar decisiones más informadas respecto a la adopción o no de esta tecnología. Además, los resultados pueden servir como referencia para otros productores de la zona con condiciones similares, así como base para el diseño de ensayos experimentales más rigurosos en el futuro.

V. Objetivos

Objetivo general.

Evaluar el efecto de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* sobre la productividad del frijol común variedad INTA H-Vaina blanca en la finca El Horno durante la época de primera del año 2025.

Objetivos Específicos

1. Determinar el número de nódulos formados en plantas de frijol con y sin inoculación.
2. Evaluar el crecimiento del cultivo a través de la altura de planta en diferentes fases fenológicas, en ambos tratamientos.
3. Comparar el rendimiento promedio de frijol por manzana entre las parcelas con inoculación (C.I.) y sin inoculación (S.I.).
4. Proponer recomendaciones técnicas para la finca El Horno, con base en el análisis de los resultados obtenidos y considerando las limitaciones del diseño pre-experimental utilizado.

VI. Marco teórico

6.1. Importancia del frijol común en sistemas de producción campesinos

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos de mayor relevancia socioeconómica y alimentaria en América Latina (Blandón Duarte, 2017), particularmente en Nicaragua, donde forma parte esencial de la dieta básica y constituye una fuente importante de proteína vegetal, carbohidratos, fibra y micronutrientes para la población rural. En los sistemas de producción campesinos, el frijol se cultiva principalmente en condiciones de ladera y con recursos limitados, por lo que su rendimiento está fuertemente condicionado por la fertilidad del suelo, el clima y el manejo agronómico.

Para muchos pequeños y medianos productores, el frijol representa simultáneamente un alimento de autoconsumo y una fuente clave de ingresos monetarios; en consecuencia, cualquier mejora en su productividad tiene implicaciones directas en la seguridad alimentaria y en la estabilidad económica de las familias productoras (INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria), 2024).

6.2. Fijación biológica de nitrógeno en frijol y simbiosis con *Rhizobium*

El frijol común pertenece a la familia Fabaceae, caracterizada por la capacidad de establecer asociaciones simbióticas con bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium*, que se manifiestan en la formación de nódulos radicales funcionales (Ferrer Vilca, 2020). En estas estructuras, las bacterias transforman el nitrógeno atmosférico (N_2), que no es asimilable directamente por las plantas, en compuestos nitrogenados reducidos, principalmente amonio (NH_4^+), que la planta puede incorporar en aminoácidos y otras moléculas esenciales para el crecimiento.

En el caso del frijol común, *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* se asocia específicamente con *Phaseolus vulgaris* L., formando nódulos en las raíces y contribuyendo de manera significativa a suplir la demanda de nitrógeno del cultivo cuando las condiciones de simbiosis son adecuadas. La eficiencia de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) depende, entre otros factores, de:

- La compatibilidad entre la cepa de *Rhizobium* y la variedad de frijol.
- Las características físico-químicas del suelo (pH, materia orgánica, contenido de nitratos).
- El manejo agronómico implementado (densidad de siembra, fertilización, control de malezas, plagas y enfermedades).
- Las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo. (INTA, 2024; Blandón Duarte & García Chavarría, 2017)

Cuando la simbiosis es eficiente, la FBN puede aportar una fracción importante del nitrógeno requerido por el cultivo, reduciendo la necesidad de fertilizantes sintéticos y, por tanto, los costos de producción y los riesgos de contaminación ambiental asociados al uso intensivo de insumos químicos (Saldaña Acosta, 2017).

6.3. Fertilidad del suelo, uso de fertilizantes sintéticos y sus limitaciones

La productividad del frijol está estrechamente vinculada a la disponibilidad de nutrientes en el suelo, en particular nitrógeno, fósforo y potasio. En muchos sistemas de producción se ha intensificado el uso de fertilizantes sintéticos para incrementar rendimientos, frecuentemente sin diagnósticos previos de fertilidad ni acompañamiento técnico (Blandón Duarte & García Chavarría, 2017).

El uso indiscriminado y masivo de fertilizantes químicos puede generar efectos negativos, como la disminución de la materia orgánica, la alteración de la estructura del suelo, la pérdida de biodiversidad edáfica y la contaminación de cuerpos de agua por lixiviación de nitratos (Saldaña Acosta, 2017). Además, la

dependencia de insumos externos incrementa los costos de producción, lo que resulta crítico para pequeños productores con baja capacidad de inversión (INTA, 2024).

En este contexto, se vuelve prioritario identificar y validar alternativas de manejo de la fertilidad del suelo que sean económicamente accesibles, técnicamente viables y ambientalmente más sostenibles, entre ellas el uso de inoculantes biológicos basados en microorganismos benéficos.

6.4. Inoculantes biológicos como alternativa agroecológica

Los inoculantes biológicos a base de cepas seleccionadas de *Rhizobium* se han consolidado como una práctica agronómica que puede mejorar la FBN y, en consecuencia, la nutrición nitrogenada del frijol (Saldaña Acosta, 2017). Estos productos se formulan con bacterias vivas en concentraciones definidas, generalmente aplicadas a la semilla o al suelo, con el propósito de asegurar la presencia de poblaciones eficientes de rizobios compatibles con la leguminosa de interés.

Entre las principales ventajas del uso de inoculantes se encuentran:

- La reducción de los costos de producción al disminuir la dependencia de fertilizantes nitrogenados sintéticos.
- Un mayor contenido de nitrógeno y de materia seca en la biomasa vegetal.
- Un aumento del nitrógeno fijado en el sistema suelo-planta.
- La ausencia de efectos contaminantes, al tratarse de productos de origen biológico (Saldaña Acosta, 2017; Blandón Duarte & García Chavarría, 2017).

El proceso de nodulación es el resultado de un intercambio de señales químicas entre la planta y la bacteria, donde intervienen compuestos conocidos como factores de nodulación (Nod factors), que regulan la infección de las raíces y

la formación de los nódulos. En esta interacción, la planta proporciona carbohidratos a las bacterias y estas suministran nitrógeno reducido a la planta, configurando una relación de beneficio mutuo.

6.5. Evidencia de la respuesta del frijol a la inoculación con Rhizobium

Diversos estudios han documentado la respuesta positiva del frijol a la inoculación con cepas eficientes de Rhizobium. (Ferrer Vilca y Valverde Rodríguez, 2020) señalan que los rendimientos de frijol pueden oscilar entre 1,500 y 2,000 kg ha⁻¹ bajo condiciones promedio y alcanzar hasta 2,595 kg ha⁻¹ cuando se implementan prácticas agronómicas mejoradas, variedades adaptadas y un manejo más eficiente de la fertilización.

A nivel internacional, (Álvarez Ruiz, 2022) evaluó la fijación biológica de nitrógeno en tres variedades mejoradas de frijol común mediante el método de dilución isotópica ¹⁵N, encontrando que las combinaciones de las variedades INTA Nutritivo e INTA Biofortificado inoculadas con la cepa Zamorano lograron los mayores valores de nitrógeno en la biomasa aérea. Estos resultados demuestran que la efectividad de la inoculación depende de la interacción variedad–cepa y del manejo agronómico.

En Nicaragua, se han reportado experiencias en las que la inoculación de frijol ha contribuido a mejorar el desarrollo vegetativo y el rendimiento del cultivo (Ordoñez Ponce, 2020), y que la inoculación de la semilla, comparada con la inoculación edáfica evidenciaron que generó un mayor desarrollo vegetativo y rendimientos entre 33 y 35 quintales por manzana bajo agricultura de conservación, lo que respalda la pertinencia de esta práctica para mejorar la productividad de los granos básicos.

De forma complementaria, (Ortega García, 2023) documentaron que cepas de Rhizobium con atributos promotores del crecimiento vegetal, asociadas a cultivares de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), incrementaron la nodulación y el

rendimiento de esta leguminosa, lo cual sugiere que tecnologías basadas en rizobios promotores del crecimiento pueden adaptarse también a otros cultivos leguminosos, como el frijol común.

6.6. Relación del marco teórico con la presente investigación

Los elementos teóricos y empíricos presentados permiten fundamentar la pertinencia del estudio realizado en la finca El Horno. En primer lugar, la importancia del frijol como cultivo básico justifica la necesidad de identificar alternativas para mejorar su productividad y sostenibilidad (INTA, 2024; Blandón Duarte & García Chavarría, 2017). En segundo lugar, el conocimiento sobre la FBN y la simbiosis frijol–Rhizobium sustenta el uso de inoculantes como herramienta para mejorar la nutrición nitrogenada del cultivo (Ferrer Vilca & Valverde Rodríguez, 2020; Saldaña Acosta, 2017).

Asimismo, la evidencia de problemas asociados al uso intensivo de fertilizantes sintéticos refuerza la pertinencia de explorar opciones de manejo más amigables con el ambiente y económicamente más accesibles para pequeños y medianos productores (Blandón Duarte & García Chavarría, 2017). Finalmente, los antecedentes que reportan incrementos en la nodulación, el crecimiento y el rendimiento del frijol mediante la inoculación respaldan la hipótesis de que, bajo ciertas condiciones, el uso de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* puede asociarse con mayores niveles de productividad (Álvarez Ruiz, 2022; Ordoñez Ponce & Martínez Hernández, 2020).

En este marco, la evaluación del efecto de la inoculación sobre el número de nódulos, la altura de planta y el rendimiento por manzana en la finca El Horno aporta evidencia local preliminar sobre el comportamiento de la variedad INTA H-Vaina blanca bajo dos manejos (con y sin inoculación), generando información útil para la toma de decisiones del productor y para el diseño de futuros estudios experimentales con mayor rigor estadístico en el departamento de Jinotega.

VII. Hipótesis

La inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* se asocia con un incremento en la productividad del frijol común, expresado en un mayor rendimiento promedio por manzana, en comparación con el manejo sin inoculación, bajo las condiciones específicas de la finca El Horno durante la época de primera 2025.

VIII. Diseño Metodológico

8.1. Enfoque y diseño de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, ya que se midieron variables numéricas tales como número de nódulos, altura de planta (cm) y rendimiento (quintales por manzana).

El diseño corresponde a un estudio pre-experimental de comparación de grupo estático, en el cual se evaluaron dos tratamientos sin replicación de parcelas:

- Tratamiento 1: frijol con inoculación (*Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*) (C.I.).
- Tratamiento 2: frijol sin inoculación (testigo o S.I.).

El análisis de los datos se realizó mediante estadística descriptiva (promedios y comparaciones directas entre tratamientos), sin aplicar pruebas de significancia estadística, por la ausencia de replicación de unidades experimentales (manzanas).

8.2. Variables de investigación

- a) Número de nódulos.
- b) Altura de planta.
- c) Rendimiento.

8.3. Operacionalización de variables

Variable	Subvariable / indicador	Descripción	Unidad / escala
1. Número de nódulos	Nódulos por planta con inoculación	Conteo de nódulos por planta en raíces de plantas del tratamiento C.I.	Conteo directo y escala visual: baja (1–3), media (4–6), alta (7–9)
	Nódulos por planta sin inoculación	Conteo de nódulos por planta en raíces de plantas del tratamiento S.I.	Conteo directo y escala visual: baja (1–3), media (4–6), alta (7–9)
2. Altura de planta	Altura por tratamiento y fase fenológica	Medición de la altura desde la base del tallo hasta el punto más alto en plantas C.I. y S.I.	Centímetros (cm)
3. Rendimiento	Producción por tratamiento	Producción final de frijol por manzana en cada tratamiento	Quintales por manzana

Nota: Esta tabla muestra la forma en que se operacionalizó cada variable, incorporando una escala clara para la evaluación del número de nódulos.

8.4. Población y muestra

La población objetivo estuvo constituida por 28 manzanas de frijol variedad INTA H-Vaina blanca establecidas en la finca El Horno. Para efectos de la investigación, se seleccionó un área de una manzana para el tratamiento con inoculante (C.I.) y una manzana para el tratamiento sin inoculante (S.I.), consideradas como áreas representativas del sistema de producción del productor.

El muestreo fue destructivo e incluyó 10 plantas por manzana, seleccionadas al azar en cada fase vegetativa y reproductiva. Las evaluaciones se realizaron en las siguientes etapas:

- Emergencia: 7 días después de la siembra (dds).
- Prefloración: 25 días después de la siembra.
- Floración: alrededor de 32 días después de la siembra.
- Llenado de vaina: 45 días después de la siembra.
- Cosecha: 70 días después de la siembra.

8.5. Recolección y análisis de datos

La recolección de datos se apoyó en formatos de registro (Anexo 2), donde se anotaron las mediciones por tratamiento y por fase fenológica. Se registraron, entre otros:

- Número de nódulos por planta, estimados mediante conteo directo y clasificados en la escala visual baja (1–3), media (4–6) y alta (7–9).
- Altura de planta en centímetros.
- Número de flores promedio por planta.
- Número de vainas por planta.
- Número de granos por vaina.
- Densidad poblacional estimada (plantas por manzana).
- Producción en libras por manzana y conversión a quintales por manzana.

El procesamiento de la información se realizó utilizando la hoja de cálculo Excel, donde se tabularon los datos y se calcularon promedios por tratamiento. Los resultados se presentan en forma de tablas y gráficos, acompañados de su respectiva interpretación descriptiva.

IX. Resultados

En cuanto al procesamiento de los datos, se realizó el análisis de la información obtenida a partir de los formatos de registro. El procesamiento se llevó a cabo utilizando la herramienta Excel, donde los datos fueron tabulados y se calcularon los promedios por tratamiento.

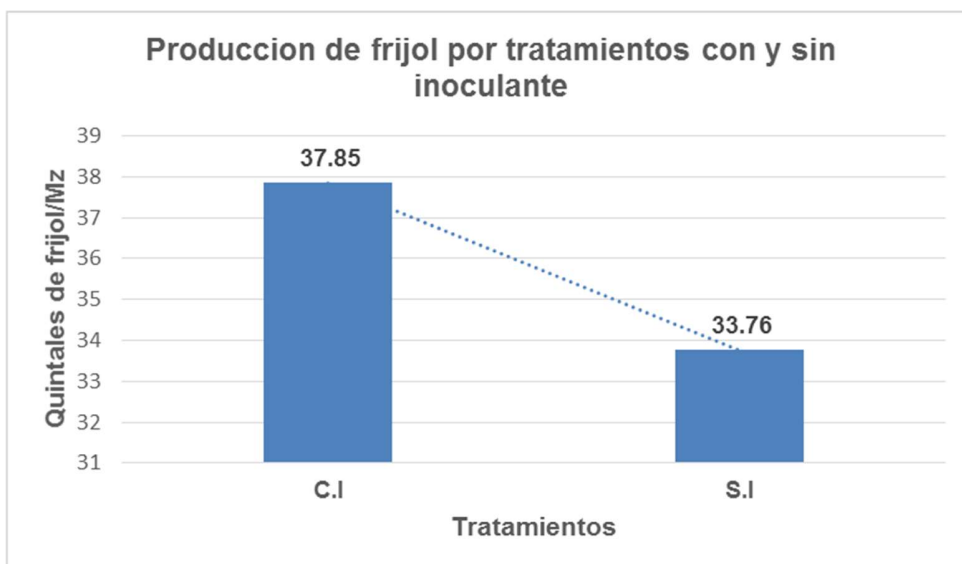
A continuación, se presentan de forma resumida los resultados obtenidos en la investigación:

Tabla 1. Resultados por tratamiento con y sin inoculación de acuerdo a las fases fenológicas del cultivo del frijol, variedad INTA H-Vaina blanca en finca El Horno, Jinotega.

Con Inoculación (C.I)									
Fase vegetativa			Fase reproductiva			Fase productiva			
Fases fenológicas	Nodulación	Altura de planta (cm)	No. Flores (Promedio)	Nº. Vainas /planta (promedio)	No. Granos/Vaina (Promedio)	Libras por planta (Promedio)	Densidad poblacional* (Plantas/MZ) x 0.91	Total producción (Libras)	Total Quintales/ Manzana
Emergencia (7 dds)		7							
Prefloración (25 dds)	6	30							
Floración (32 dds)	8	45	30						
Lenado de vainas (45 dds) y granos/vaina	12	55		20	9				
Maduración (Producción 75 dds)						0.037	102.299	3,785.05	37.85
Sin inoculación (S.I)									
Fase vegetativa			Fase reproductiva			Fase productiva			
Fases fenológicas	Nodulación	Altura de planta (cm)	No. Flores (Promedio)	Nº. Vainas /planta (promedio)	No. Granos/Vaina (Promedio)	Libras por planta	Densidad poblacional* (Plantas/MZ) x 0.91	Total producción (Libras)	Total Quintales
Emergencia (7 dds)		7							
Prefloración (25 dds)	5	30							
Floración (32 dds)	8	42	27						
Lenado de vainas (45 dds) y granos/vaina	10	53		16	8				
Maduración (Producción 75 dds)						0.033	102.299	3,375.85	33.76
* Para ambos tratamientos la densidad poblacional efectiva fue de 102,299 plantas (sembradas a una distancia de 0.25 entre p/p x 0.5 m entre s/s a dos granos por golpe, con un factor de corrección de 0.91)									

Nota: Elaboración propia sobre la base de la ficha técnica proporcionada por el propietario de la finca El Horno.

Figura 1. Producción quintales de frijol por manzana por tratamiento con y sin inoculante ciclo de primera 2025, finca El Horno, Jinotega.



Nota: Elaboración propia sobre la base de los resultados de la investigación.

X. Discusión y Análisis

10.1. Variable 1. Número de nódulos

De acuerdo con los resultados de la Tabla 1, en la fase fenológica de prefloración se observó una mayor nodulación en la parcela inoculada (C.I.) respecto a la parcela sin inoculación (S.I.). En términos de la escala visual utilizada, ambas parcelas se ubicaron en la categoría media (4–6 nódulos por planta), pero la parcela inoculada presentó un valor promedio ligeramente superior. Esto sugiere que la aplicación del inoculante favoreció la formación de nódulos radiculares, aunque no se alcanzó la categoría alta (7–9 nódulos por planta).

Estos resultados son coherentes con lo reportado por estudios nacionales e internacionales, que señalan que la inoculación con *Rhizobium* puede incrementar la nodulación del frijol, aun cuando la magnitud del efecto depende de la

compatibilidad entre la cepa y la variedad, así como de las condiciones del suelo y del manejo agronómico.

10.2. Variable 2. Altura de planta

En la fase de emergencia, a los siete días después de la siembra, no se observaron diferencias en la altura promedio de las plantas entre los dos tratamientos, registrándose valores similares. En la fase de prefloración (25 días después de la siembra), la altura de planta continuó siendo comparable entre las parcelas C.I. y S.I.

Sin embargo, en la fase de floración y en el llenado de vainas se evidenció una ligera ventaja en el crecimiento de las plantas en la parcela inoculada. En floración, la altura promedio de las plantas C.I. superó en algunos centímetros a las plantas S.I., y esta tendencia se mantuvo en el llenado de vainas. Asimismo, la parcela inoculada presentó mayores valores en número de flores, número de vainas por planta y número de granos por vaina.

Estos resultados sugieren que la mejor nodulación observada en la parcela C.I. pudo contribuir a una mayor disponibilidad de nitrógeno para el cultivo, reflejándose en un crecimiento vegetativo y reproductivo ligeramente superior, en concordancia con la literatura que asocia la fijación biológica de nitrógeno con un mayor vigor de planta.

10.3. Variable 3. Rendimiento

Al comparar la producción de frijol en quintales por manzana (equivalente a 7,026 m²), se observa en la Figura 1 que la parcela con inoculación (C.I.) obtuvo un rendimiento promedio de 37.85 quintales por manzana, mientras que la parcela sin inoculación (S.I.) alcanzó 33.76 quintales por manzana. La diferencia a favor del tratamiento con inoculación fue de 4.09 quintales por manzana, equivalente a un incremento relativo aproximado del 12.11 %.

Es importante señalar que, debido al diseño pre-experimental y a la falta de replicación de parcelas, estos resultados deben interpretarse como indicativos o exploratorios, y no como una prueba estadística concluyente del efecto del inoculante. No obstante, la tendencia observada coincide con los antecedentes que reportan incrementos en el rendimiento del frijol cuando se utilizan inoculantes biológicos apropiados.

10.4. Comprobación de la hipótesis

Con base en los resultados obtenidos, se determina que la hipótesis planteada se acepta como verdadera en términos asociativos, debido a que la parcela inoculada presentó un rendimiento promedio mayor (37.85 qq/mz) en comparación con la parcela sin inoculación (33.76 qq/mz), además de un comportamiento ligeramente superior en nodulación y variables de desarrollo. Sin embargo, dado que el estudio corresponde a un diseño pre-experimental de comparación de grupo estático sin replicación, la aceptación de la hipótesis debe interpretarse como preliminar y no concluyente, ya que no permite inferir causalidad estadística ni generalizar los resultados a otras fincas o ciclos productivos.

XI. Conclusiones

En correspondencia con el objetivo general de evaluar el efecto de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* sobre la productividad del frijol común variedad INTA H-Vaina blanca en la finca El Horno durante la época de primera 2025, se concluye que, bajo las condiciones evaluadas, la inoculación se asoció con un incremento de la productividad del cultivo, reflejado en una ligera mejora en la nodulación y el crecimiento, y en un rendimiento promedio superior en el tratamiento inoculado respecto al testigo. No obstante, dada la naturaleza del diseño pre-experimental sin replicación, los resultados deben asumirse como orientativos, útiles para la toma de decisiones del productor y como base para ensayos posteriores con mayor rigor experimental.

1. Bajo las condiciones de la finca El Horno durante la época de primera 2025, la parcela de frijol inoculada con *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* presentó un número promedio de nódulos por planta levemente superior al de la parcela sin inoculación, ubicándose ambas en la categoría media de la escala visual utilizada.
2. El crecimiento del cultivo, medido a través de la altura de planta y de componentes de rendimiento como número de flores, vainas por planta y granos por vaina, fue ligeramente mayor en la parcela inoculada en las fases de floración y llenado de vainas, lo que sugiere una mejor disponibilidad de nitrógeno derivada de la fijación biológica.
3. El rendimiento promedio de frijol por manzana fue mayor en la parcela con inoculación (37.85 qq/mz) que en la parcela sin inoculación (33.76 qq/mz), con una diferencia de 4.09 qq/mz (aproximadamente 12.11 %), lo cual indica que, en estas condiciones específicas, la inoculación se asoció con una mayor productividad del cultivo.
4. Debido a que el estudio se realizó con un diseño pre-experimental de comparación de grupo estático y sin replicación de parcelas, no es posible atribuir de manera concluyente el incremento de rendimiento únicamente al efecto del inoculante ni realizar inferencias estadísticas sobre la población de fincas. Los resultados deben considerarse como una evidencia preliminar que justifica la realización de estudios experimentales más rigurosos.

XII. Recomendaciones

En función de los resultados obtenidos y de las limitaciones metodológicas identificadas, se recomienda lo siguiente:

1. A la finca El Horno:

- Considerar la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* como una alternativa tecnológica potencialmente útil para mejorar la productividad del frijol, evaluando sus costos y beneficios bajo las condiciones particulares de la finca.

2. Para futuras investigaciones:

- Repetir este estudio en la comunidad Pita El Horno y en otras localidades, utilizando un diseño experimental con replicación (por ejemplo, diseño de bloques completos al azar), que permita aplicar pruebas de significancia estadística y validar con mayor rigor el efecto del inoculante.
- Determinar la cantidad de nitrógeno fijado por las plantas a través de metodologías apropiadas, con el fin de fundamentar mejor la justificación ecológica y económica del uso de inoculantes biológicos.
- Registrar y presentar de forma sistemática los datos brutos de las unidades de muestreo (plantas), para fortalecer la transparencia y la capacidad de análisis del estudio.
- Profundizar en el análisis de factores agronómicos (densidad de siembra, manejo de malezas, plagas y enfermedades, fertilización de base) que pudieron haber influido en la variabilidad de los datos, de manera que se pueda controlar mejor su efecto en futuras investigaciones.

XIII. Bibliografía

- Álvarez Ruiz, A. (2022). Fijación biológica de nitrógeno en tres variedades mejoradas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) por medio del método de dilución isotópica ^{15}N .
- Blandón Duarte, M. y. (2017). Micorrizas y rhizobium: opciones agroecológicas para la nutrición del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Managua-Tucantepe. Managua.
- COMAGRICEN. (2024). Imágenes de cultivo de frijol y manejo agronómico. Obtenido de <https://comagricen.net>
- Ferrer Vilca, T. y. (2020). Rendimiento del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad canario con tres fuentes de abonos orgánicos en el distrito de Cholón, Huáuco-Perú. Huánuco.
- INTA (Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria) . (2024). Resultados de Evaluación del Uso de Inoculantes Biológicos en la Producción del Cultivo del Frijol.
- Ordoñez Ponce, C. y. (2020). 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.
- Ortega García, M. e. (2023). Identificación de rizobios promotores del crecimiento vegetal asociados a garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Revista Agronomía Mesoamericana.
- Saldaña Acosta, J. (2017). Aislamiento e Identificación de Cepas nativas de Rhizobium phaseoli de Suelo de la Presa de la Juventud de Marín, Nuevo León.
- SICTA, I. P. (2009). Material técnico sobre manejo del cultivo de frijol.
- Zamorano, B. D. (2015). Formato de recuento por fase fenológica variedad de frijol. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4517>

XIV. Anexos

Anexo 1. Ficha técnica finca El Horno

I. Datos generales y técnicos de apoyo al Trabajo Especial de Grado

Propietario	:	Mario Zeledón
Ubicación	:	El Horno empalme El Hatillo
Distancia de la ciudad de Jinotega	:	7 kilómetros
Área total en manzanas agrícolas	:	40 manzanas.
Área en manzanas agrícolas	:	28 manzanas para granos básicos.
Infraestructura	:	1 manzana
Montaña	:	11 manzanas
Documento legal	:	En derechos reales
Altitud	:	980 msnm.
Pluviosidad	:	1500 a 2000 ml al año.
Temperatura	:	20°C a 32°C
Coordenadas geográficas	:	Lat: 13°28'57'' Log: -86°01'32''
Suelo	:	Franco arcilloso
Topografía	:	Ondulada
Acceso	:	Carretera hasta la propiedad todo tiempo
Manejo Agronómico	:	Semi tecnificada
Potencial agroturístico	:	Senderos de montaña

II. Datos de Producción.

Cultivos	:	Frijol
Área en manzanas	:	28 manzanas
Producción esperada (QQ)	:	840 Quintales de frijol

III. Infraestructura

Casa de habitación principal, Cocina, Bodega de insumos, y de equipos y herramientas.

Anexo 2. Formato de recuento por fase fenológica variedad de frijol (INTA H-Vaina blanca) finca el Horno, Jinotega. Cuadros de ayuda.

Emergencia (7 dds)								
CON INOCULACIÓN 1 MANZANA								
No. Planta	Datos medidos					Datos calculados		
	Nodulación*	Altura de planta (cm)	No. Flores	No. Vainas/planta	No. Granos por vaina	Libras por planta	Densidad poblacional Ptas./ Mz estimada	Total producción (Lbs)
	Baja: 1 a 3							
	Media: 4 a 6							
Alta: 7 a 9								
Fase vegetativa: Emergencia			Fase reproductiva			Producción		
1		6.7						
2		6.5						
3		6.6						
4		6.6						
5		6.7						
6		6.3						
7		6.7						
8		6.5						
9		6.8						
10		6.8						
Promedio		6.62						
SIN INOCULACIÓN 1 MANZANA								
No. Planta	Datos medidos					Datos calculados		
	Nodulación*	Altura de planta (cm)	No. Flores	No. Vainas/planta	No. Granos por vaina	Libras por planta	Densidad poblacional Ptas./ Mz estimada	Total producción
	Baja: 1 a 3							
	Media: 4 a 6							
Alta: 7 a 9								
Fase vegetativa: Emergencia			Fase reproductiva			Producción		
1		6.4						
2		6.5						
3		6.5						
4		6.6						
5		6.5						
6		6.3						
7		6.5						
8		6.5						
9		6.6						
10		6.8						

* 1 ausencia de nódulos, 9 más de 30 nódulos grandes > 3 mm (Tomado de (Zamorano, 2015). <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4517>

Prefloración (25 dds)								
CON INOCULACIÓN 1 MANZANA								
No. Planta	Datos medidos					Datos calculados		
	Nodulación*	Altura de planta (cm)	No. Flores	No. Vainas/planta	No. Granos por vaina	Libras por planta	Densidad poblacional Ptas./ Mz estimada	Total producción (Lbs)
	Baja: 1 a 3							
	Media: 4 a 6							
Alta: 7 a 9								
Fase vegetativa:			Fase reproductiva: Prefloración			Producción		
1	5	28						
2	5	28						
3	6	29						
4	5	31						
5	6	28						
6	5	28						
7	6	31						
8	6	30						
9	7	35						
10	6	30						
Promedio	5.7	29.8						
SIN INOCULACIÓN 1 MANZANA								
No. Planta	Datos medidos					Datos calculados		
	Nodulación*	Altura de planta (cm)	No. Flores	No. Vainas/planta	No. Granos por vaina	Libras por planta	Densidad poblacional Ptas./ Mz estimada	Total producción
	Baja: 1 a 3							
	Media: 4 a 6							
Alta: 7 a 9								
Fase vegetativa:			Fase reproductiva: Prefloración			Producción		
1	4	29						
2	5	27						
3	4	28						
4	5	28						
5	3	28						
6	5	31						
7	6	31						
8	6	30						
9	5	35						
10	6	30						
Promedio	4.9	29.7						

Floración (32 dds)								
CON INOCULACIÓN 1 MANZANA								
No. Planta	Datos medidos					Datos calculados		
	Nodulación*	Altura de planta (cm)	No. Flores	No. Vainas/planta	No. Granos por vaina	Libras por planta	Densidad poblacional Ptas./ Mz estimada	Total producción (Lbs)
	Baja: 1 a 3							
	Media: 4 a 6							
Alta: 7 a 9								
Fase vegetativa:			Fase reproductiva: Floración			Producción		
1	7	45	30					
2	8	44	27					
3	7	42	30					
4	8	45	31					
5	9	45	32					
6	7	45	30					
7	8	45	29					
8	8	45	28					
9	9	45	30					
10	9	45	31					
Promedio	8	44.6	29.8					
SIN INOCULACIÓN 1 MANZANA								
No. Planta	Datos medidos					Datos calculados		
	Nodulación*	Altura de planta (cm)	No. Flores	No. Vainas/planta	No. Granos por vaina	Libras por planta	Densidad poblacional Ptas./ Mz estimada	Total producción
	Baja: 1 a 3							
	Media: 4 a 6							
Alta: 7 a 9								
Fase vegetativa:			Fase reproductiva: Floración			Producción		
1	8	43	27					
2	8	42	27					
3	9	42	26					
4	7	41	29					
5	7	42	27					
6	7	41	28					
7	8	42	27					
8	8	41	28					
9	8	42	28					
10	9	41	27					
Promedio	7.9	41.7	27.4					

llenado de vainas (45 dds) Vainas /Planta								
CON INOCULACIÓN 1 MANZANA								
No. Planta	Datos medidos					Datos calculados		
	Nodulación*	Altura de planta (cm)	No. Flores	No. Vainas/planta	No. Granos por vaina	Libras por planta	Densidad poblacional Ptas./ Mz estimada	Total producción (Lbs)
	Baja: 1 a 3							
	Media: 4 a 6							
Alta: 7 a 9								
Fase vegetativa:			Fase reproductiva: llenado de vainas			Producción		
1	11	53	30	20				
2	11	56	27	21				
3	12	54	30	19				
4	12	54	31	20				
5	12	56	32	20				
6	12	54	30	21				
7	11	56	29	20				
8	12	56	28	20				
9	11	55	30	20				
10	12	55	31	20				
Promedio	11.6	54.9	29.8	20.1				
SIN INOCULACIÓN 1 MANZANA								
No. Planta	Datos medidos					Datos calculados		
	Nodulación*	Altura de planta (cm)	No. Flores	No. Vainas/planta	No. Granos por vaina	Libras por planta	Densidad poblacional Ptas./ Mz estimada	Total producción
	Baja: 1 a 3							
	Media: 4 a 6							
Alta: 7 a 9								
Fase vegetativa:			Fase reproductiva: Llenado de vainas			Producción		
1	10	53	27	18				
2	9	53	27	15				
3	10	54	26	19				
4	9	52	29	15				
5	10	50	27	15				
6	10	54	28	16				
7	9	50	27	19				
8	10	51	28	15				
9	10	55	28	15				
10	10	55	27	15				
Promedio	9.7	52.7	27.4	16.2				

llenado de vainas (45 dds) Granos/vaina								
CON INOCULACIÓN 1 MANZANA								
No. Planta	Datos medidos					Datos calculados		
	Nodulación*	Altura de planta (cm)	No. Flores	No. Vainas/planta	No. Granos por vaina	Libras por planta	Densidad poblacional Ptas./ Mz estimada	Total producción (Lbs)
	Baja: 1 a 3							
	Media: 4 a 6							
Alta: 7 a 9								
Fase vegetativa:			Fase reproductiva: llenado de vainas y granos/vaina			Producción		
1	11	53	30	20	9			
2	11	56	27	21	8			
3	12	54	30	19	10			
4	12	54	31	20	9			
5	12	56	32	20	9			
6	12	54	30	21	9			
7	11	56	29	20	8			
8	12	56	28	20	9			
9	11	55	30	20	8			
10	12	55	31	20	10			
Promedio	11.6	54.9	29.8	20.1	8.9			
SIN INOCULACIÓN 1 MANZANA								
No. Planta	Datos medidos					Datos calculados		
	Nodulación*	Altura de planta (cm)	No. Flores	No. Vainas/planta	No. Granos por vaina	Libras por planta	Densidad poblacional Ptas./ Mz estimada	Total producción
	Baja: 1 a 3							
	Media: 4 a 6							
Alta: 7 a 9								
Fase vegetativa:			Fase reproductiva: llenado de vainas y granos/vaina			Producción		
1	10	53	27	18	8			
2	9	53	27	15	8			
3	10	54	26	19	8			
4	9	52	29	15	7			
5	10	50	27	15	9			
6	10	54	28	16	8			
7	9	50	27	19	8			
8	10	51	28	15	8			
9	10	55	28	15	7			
10	10	55	27	15	9			
Promedio	9.7	52.7	27.4	16.2	8			

Maduración (75 dds) Producción								
CON INOCULACIÓN 1 MANZANA								
No. Planta	Datos medidos					Datos calculados		
	Nodulación*	Altura de planta (cm)	No. Flores	No. Vainas/planta	No. Granos por vaina	Libras por planta	Densidad poblacional Ptas./ Mz estimada	Total producción (Lbs)
	Baja: 1 a 3							
	Media: 4 a 6							
Alta: 7 a 9								
Fase vegetativa:			Fase reproductiva:			Maduración: Producción:		
1						0.036		
2						0.036		
3						0.037		
4						0.037		
5						0.037		
6						0.037		
7						0.036		
8						0.037		
9						0.038		
10						0.039		
Promedio						0.037		
SIN INOCULACIÓN 1 MANZANA								
No. Planta	Datos medidos					Datos calculados		
	Nodulación*	Altura de planta (cm)	No. Flores	No. Vainas/planta	No. Granos por vaina	Libras por planta	Densidad poblacional Ptas./ Mz estimada	Total producción
	Baja: 1 a 3							
	Media: 4 a 6							
Alta: 7 a 9								
Fase vegetativa:			Fase reproductiva: Llenado de vainas			Producción		
1						0.034		
2						0.032		
3						0.034		
4						0.033		
5						0.032		
6						0.033		
7						0.033		
8						0.033		
9						0.033		
10						0.033		
Promedio						0.033		

Anexo 3. Fotos ciclo primera 2025.



Foto 1. Inoculante producido artesanalmente a partir de nódulos infectados con la bacteria rhizobio [Fotografía].
Fuente: Elaboración propia (2025).



Foto 2. Aplicación del inoculante a la semilla de frijol, previo a la siembra [Fotografía]. Fuente: Elaboración propia (2025).



Foto 3. Semilla de frijol Variedad INTA H-Vina blanca Inoculada siembra [Fotografía]. Fuente: Elaboración propia (2025).



Foto 4. Prefloración a los 25 dds con inoculante Foto 5. Prefloración a los 25 dds sin inoculante [Fotografía] Fuente: Elaboración propia (2025).



Foto 6a. Floración a los 32 dds [Fotografía] Fuente: Elaboración propia (2025). Foto 6b. Floración a los 32 dds [Fotografía] Fuente: Elaboración propia (2025).



Fotos 7 y 8. Muestreo de nódulos
[Fotografía] Fuente: Elaboración propia (2025).



Foto 9. Con inoculante (6, 8 y 12 nódulos)
[Fotografía] Fuente: Elaboración propia (2025).



Foto 10. Sin inoculante (5, 8 y 10 nódulos)
[Fotografía] Fuente: Elaboración propia (2025).



Foto 11. A los 45 dds llenado de vainas

[Fotografía] Fuente: Elaboración propia (2025).



Foto 12. A los 75 días Madurez fisiológica completa

[Fotografía] Fuente: Elaboración propia (2025).

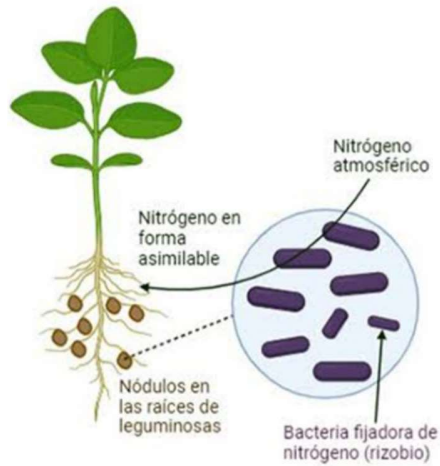


Foto 13. Tomado de: (COMAGRICEN, 2024)

[Fotografía] Fuente: Elaboración propia (2025).

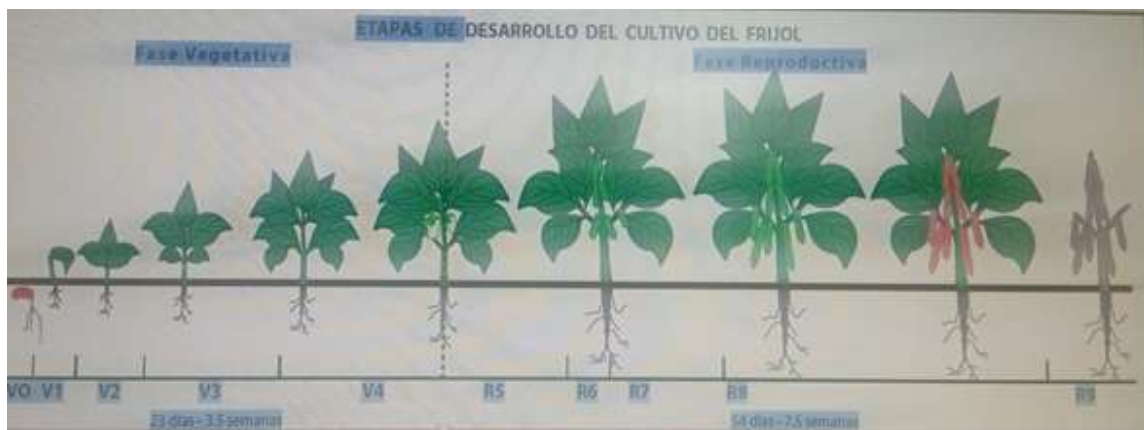


Foto 14. Tomado de: (SICTA, 2009).

[Fotografía] Fuente: Elaboración propia (2025).