



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

## TESIS DE GRADO

**Evaluación fenológica del frijol INTA Rojo con distintas dosis de biofertilizante en la Finca Buenos Aires, Jinotega**

Rizo, F; Sarmiento, Y; Tinoco, J.

**Tutor(a)**

Ph.D. Oscar Enrique Bustamante Morales

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELÍ

*¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!*



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

**Centro Universitario Regional de Estelí**

**CUR-Estelí**

Recinto Universitario “Leonel Rugama Rugama”

Departamento de Ciencias Tecnológicas y Salud

**Evaluación fenológica del frijol INTA Rojo con distintas  
dosis de biofertilizante en la Finca Buenos Aires, Jinotega**

**Trabajo de investigación para optar al grado de  
Ingenieros Agrónomos**

**Autores**

Franklin Antonio Rizo Arce

Yorlenis Sarahi Sarmiento Rodríguez

José Roberto Tinoco Castillo

**Tutor**

Ph.D. Oscar Enrique Bustamante Morales

Diciembre, 2025





## **Dedicatoria**

Primeramente, dedicamos este arduo trabajo a Dios padre por habernos colmado de sabiduría y perseverancia durante todo el trayecto de la carrera, por haber guiado nuestro camino y no dejar quebrantarnos en momentos de debilidad, confusión y desesperación.

Se lo dedicamos a nuestros padres porque han sido incondicional en cada etapa de nuestras vidas, por su apoyo, amor, tiempo y enseñanzas que nos han formado como personas de bien, con metas, proyectos y propósitos para nuestras vidas y a nuestras familias en general porque de una u otra forma han estado presente en nuestra formación como profesionales.

También se lo dedicamos a los maestros que nos han brindado sus conocimientos, apoyo a lo largo de esta trayectoria y, a la universidad por brindarnos la oportunidad de formarnos como profesionales.

Y finalmente nos lo dedicamos a nosotros mismos por no darnos por vencidos, por perseverar, por creer en nosotros, aunque el camino no haya sido fácil, por ese arduo trabajo que hemos realizado durante estos 5 años para poder lograr nuestros objetivos, cumplir metas y culminar la carrera para poder ser profesionales.

## **Agradecimiento**

### **Franklin Antonio Rizo Arce:**

Agradezco profundamente a Dios por haberme regalado la vida, la fortaleza y sabiduría necesaria para llegar hasta este momento. Su guía y gracia fueron mi sostén en cada desafío y mi luz en los momentos difíciles.

A mis padres, abuelos y esposa por su amor incondicional, consejos, sacrificios y enseñanzas. Por impulsarme siempre a ser mejor y por enseñarme el valor del esfuerzo y la honestidad.

### **Yorlenin Sarahi Sarmiento Rodríguez:**

De igual manera agradezco a Dios por guiarme por el camino del bien, por darme fortaleza y raciocinio para saber tomar buenas decisiones. Estoy muy agradecida con él por permitirme culminar una de mis tantas metas propuestas de manera exitosa.

A mis padres, hermanos y familia por no permitir que nunca me diera por vencida, por sus sabios consejos, sus palabras de aliento y por siempre hacerme saber que están orgullosos de mi por nunca abandonar mis sueños y salir adelante de una u otra manera por muy difícil que sea el camino.

### **José Roberto Tinoco Castillo:**

Agradezco a Dios quien me ha guiado y me ha dado fortaleza para seguir adelante, a mis padres por su apoyo, sacrificio y consejo todos estos años de mi preparación.

A mi hermana por estar siempre presente, por su apoyo moral que me ha brindado a lo largo de esta etapa y, por último, pero no menos importante a mis amistades más cercanas que me brindaron su apoyo, sus palabras e impulsarme a seguir adelante.



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, ESTELÍ

“2025: Eficiencia y Calidad para seguir en victorias”

Departamento de Ciencias de la Educación y Humanidades

**CARTA AVAL DEL TUTOR**

Estelí, 10 de diciembre de 2025

Por medio de la presente, en calidad de tutor(a) del trabajo de modalidad de graduación titulado: **Evaluación fenológica del frijol INTA Rojo con distintas dosis de biofertilizante en la Finca Buenos Aires, Jinotega**, elaborado por el(la)/los(as) estudiante(s):

Franklin Antonio Rizo Arce

21511951

Yorlenin Sarahi Sarmiento Rodríguez

21512270

José Roberto Tinoco Castillo

21506759

Estudiante(s) de la carrera de **Ingeniera Agronómica**, hago constar que he brindado acompañamiento académico y metodológico durante el desarrollo de dicho trabajo, cumpliendo con lo establecido en el cronograma y en la normativa institucional vigente. Asimismo, avalo que el trabajo cumple con los requisitos formales, científicos y éticos exigidos por la Universidad, en cumplimiento de la modalidad de graduación correspondiente.

Atentamente,

Ph.D. Oscar Bustamante Morales  
ORCID 0000-0003-3745-5749  
UNAN-Managua/CUR-Estelí

CC/

**¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!**

Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENATREL, Tel 27137734, Ext 7424

dceh.curesteli@unan.edu.ni

## Resumen

La presente investigación aborda la problemática de la baja productividad del frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) en las zonas de ladera de Jinotega, condicionada por la degradación edáfica y la dependencia de insumos sintéticos. El objetivo fue evaluar la respuesta agronómica de la variedad INTA Rojo ante la aplicación de diferentes dosis de un biofertilizante orgánico líquido fermentado. El ensayo experimental se estableció durante el ciclo agrícola de Primera 2025 en la Finca Buenos Aires, comunidad La Naranjita, San Sebastián de Yalí. Para controlar la pendiente del terreno, se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) constituido por [cuatro] bloques y cuatro tratamientos: un testigo absoluto (sin aplicación) y tres dosis crecientes de biofertilizante (500 ml, 1000 ml y 1500 ml).

Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre las dosis evaluadas. El tratamiento de 1500 ml generó la mejor respuesta fisiológica, optimizando la arquitectura de la planta con promedios superiores en altura (60.20 cm) y densidad de follaje (56.4 hojas). Aunque la incidencia de plagas defoliadoras (Lepidoptera) fue homogénea, las plantas bajo la dosis alta mostraron mayor vigor y capacidad de recuperación. En términos productivos, la dosis de 1500 ml maximizó el número de vainas y el peso de grano, alcanzando un rendimiento final de 1,054 kg/ha, lo que representa una superioridad del 156 % respecto al testigo (412 kg/ha). Se concluye que la biofertilización en dosis altas constituye una alternativa tecnológica viable para recuperar la rentabilidad y sostenibilidad del cultivo en la zona.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris*; biofertilización; rendimiento agrícola; crecimiento vegetativo; sostenibilidad; INTA Rojo.

## **Abstract**

This research addresses the problem of low productivity of common beans (*Phaseolus vulgaris L.*) in the hillside areas of Jinotega, caused by soil degradation and dependence on synthetic inputs. The objective was to evaluate the agronomic response of the INTA Rojo variety to the application of different doses of a fermented liquid organic biofertilizer. The experimental trial was established during the 2025 First Agricultural Cycle at the Buenos Aires Farm, La Naranjita community, San Sebastián de Yalí. To control for slope, a completely randomized block design (CRBD) was used, consisting of [four] blocks and four treatments: an absolute control (no application) and three increasing doses of biofertilizer (500 ml, 1000 ml, and 1500 ml).

The results of the analysis of variance showed highly significant differences ( $p < 0.0001$ ) between the doses evaluated. The 1500 ml treatment generated the best physiological response, optimizing plant architecture with higher averages in height (60.20 cm) and foliage density (56.4 leaves). Although the incidence of defoliating pests (Lepidoptera) was homogeneous, plants under the high dose showed greater vigor and recovery capacity. In terms of production, the 1500 ml dose maximized the number of pods and grain weight, reaching a final yield of 1054 kg/ha, which represents a 156% increase over the control (412 kg/ha). It

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*; biofertilization; agricultural yield; vegetative growth; sustainability; INTA Rojo.

## Índice

1.	Introducción.....	1
2.	Antecedentes.....	2
3.	Planteamiento del problema .....	4
4.	Preguntas de investigación .....	5
4.1.	Pregunta General .....	5
4.2.	Preguntas Específicas .....	5
5.	Justificación.....	6
6.	Objetivos de investigación .....	7
6.1.	Objetivo General.....	7
6.2.	Objetivos específicos.....	7
7.	Marco Teórico.....	8
7.1.	Definición de biofertilizante y su diferencia con fertilizantes químicos .....	8
7.1.1.	Clasificación y tipos de biofertilizantes .....	8
7.1.2.	Componentes del biofertilizante orgánico .....	9
7.1.3.	Función del sustrato lácteo (Leche).....	10
7.1.4.	Melaza .....	10
7.1.5.	Rol estructural y nutricional de la materia orgánica.....	11
7.1.6.	Estiércol de Vaca .....	11
7.1.7.	Cascara del café.....	12
7.1.8.	Agua .....	12
7.2.	Importancia agroeconómica del cultivo de frijol.....	13
7.2.1.	Perfil agronómico y fenotípico de la variedad INTA Rojo.....	13
7.2.2.	Adaptabilidad edafoclimática y requerimientos fisiológicos .....	14

7.3.	Respuesta del frijol a diferentes prácticas de fertilización .....	15
7.3.1.	Concepto de desarrollo vegetativo en plantas .....	16
7.3.2.	Indicadores morfofisiológicos de vigor y productividad.....	17
7.3.3.	Importancia del monitoreo fenológico para la eficiencia agronómica .....	18
7.3.4.	Caracterización de las etapas fenológicas críticas.....	18
7.3.5.	Determinantes ambientales y nutricionales del ritmo fenológico .....	19
7.3.6.	Protocolos estandarizados de registro fenológico .....	20
7.3.7.	Impacto de la bioestimulación en la dinámica fenológica.....	21
7.3.8.	Criterios técnicos para la determinación de la dosis agronómica.....	22
7.3.9.	Relación dosis-respuesta en cultivos .....	22
7.3.10.	Análisis comparativo entre dosis bajas, medias y altas de biofertilizante....	23
7.3.11.	Criterios de evaluación.....	24
8.	Hipótesis.....	26
8.1.	Hipótesis Nula: .....	26
9.	Operacionalización de variables.....	27
10.	Diseño metodológico.....	28
10.1.	Tipo de investigación.....	28
10.2.	Ubicación y descripción del área de estudio .....	28
10.3.	Diseño experimental y tratamientos .....	29
10.4.	Preparación y manejo del biofertilizante (Insumo Experimental).....	30
10.5.	Población y muestra .....	30
10.5.1.	Población .....	30
10.5.2.	Muestra .....	30
10.5.3.	Tipo de Muestreo.....	31

10.6.	VARIABLES EVALUADAS E INSTRUMENTOS .....	31
10.6.1.	VARIABLES DE CRECIMIENTO VEGETATIVO:.....	31
10.6.2.	VARIABLES DE RENDIMIENTO:.....	31
10.6.3.	INCIDENCIA FITOSANITARIA: .....	32
10.7.	MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	32
10.7.1.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	32
10.7.2.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	32
10.8.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	33
10.8.1.	TABULACIÓN Y DEPURACIÓN.....	33
10.8.2.	PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO .....	33
10.8.3.	REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	34
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	35
11.1.1.	EFFECTO DE LAS DOSIS DE BIOFERTILIZANTE SOBRE EL CRECIMIENTO VEGETATIVO .....	35
11.1.2.	DIÁMETRO DE TALLO .....	36
11.1.3.	NÚMERO DE HOJAS.....	37
11.1.4.	COMPORTAMIENTO EN EL TIEMPO DE ALTURA DE PLANTA Y DIÁMETRO DEL TALLO.....	38
11.2.	INCIDENCIAS DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	39
11.3.	COMPONENTE DEL RENDIMIENTO .....	40
12.	CONCLUSIONES.....	42
13.	RECOMENDACIONES .....	43
14.	REFERENCIAS .....	44
15.	ANEXOS .....	50
15.1.	INSTRUMENTOS EVALUACIÓN.....	50
15.1.1.	GUÍA DE OBSERVACIÓN DIRECTA SISTEMÁTICA .....	50

15.1.2.	Registro Fotográfico de Etapas Fenológicas .....	52
15.1.3.	Hoja de Medición de Variables Agronómicas .....	54
15.2.	Evidencias.....	56

### **Índice de tablas**

<b>Tabla 1:</b>	Operacionalización de variables .....	27
<b>Tabla 2:</b>	Instrumentos de recolección de datos .....	32
<b>Tabla 3:</b>	Incidencia de Daño Foliar por Gusano Medidor según Dosis de Biofertilizante ..	40
<b>Tabla 4:</b>	Medias, significancia y grupos de separación de medias (Tukey) para las variables de rendimiento evaluadas .....	41

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Ubicación de la finca Buenos Aires .....	29
<b>Figura 2:</b> Efecto de las dosis de biofertilizante sobre el crecimiento vegetativo .....	35
<b>Figura 3:</b> Análisis del diámetro del tallo .....	36
<b>Figura 4:</b> Análisis de la cantidad del número de hojas .....	37
<b>Figura 5:</b> Análisis del Comportamiento en el tiempo de altura de planta y diámetro del tallo .....	38
<b>Figura 6:</b> Evidencia de afectación de plantas .....	39
<b>Figura 7:</b> Proceso de siembra .....	56
<b>Figura 8:</b> Ingredientes del biofertilizante .....	56
<b>Figura 9:</b> Proceso de elaboración del biofertilizante.....	56
<b>Figura 10:</b> Preparación de aplicación de dosis de biofertilizante.....	56
<b>Figura 11:</b> Aplicación del biofertilizante.....	57
<b>Figura 12:</b> Selección de plantas.....	57
<b>Figura 13:</b> Recolección de datos. ....	57
<b>Figura 14:</b> Medición de plantas.....	57
<b>Figura 15:</b> Proceso de medición de tallos por medio de Pie de rey.....	58
<b>Figura 16:</b> Etapa de floración de la planta.....	58
<b>Figura 17:</b> Inicio de producción. ....	58
<b>Figura 18:</b> Conteo de producción por vaina. ....	58
<b>Figura 19:</b> Proceso de aporreo. ....	59
<b>Figura 20:</b> Proceso de peso.....	59

## 1. Introducción

El cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) representa un rubro estratégico para la soberanía alimentaria y la economía rural de Nicaragua. No obstante, la sostenibilidad de este sistema productivo en las zonas de ladera se encuentra amenazada por la degradación física y química de los suelos, consecuencia de prácticas agrícolas que no reponen la materia orgánica y exponen el recurso a la erosión hídrica. Según Munguía Pérez (2017), esta pérdida de equilibrio edáfico limita severamente la expresión del potencial genético de variedades mejoradas.

Esta situación se agrava por el modelo convencional de fertilización, caracterizado por una alta dependencia de insumos sintéticos nitrogenados cuyos costos crecientes desestabilizan la rentabilidad del agricultor. Ante este escenario, la validación de tecnologías agroecológicas, como los biofertilizantes líquidos, surge como una necesidad imperante para transitar hacia sistemas más resilientes (INTA-Nicaragua, 2023).

Diversas investigaciones, como la de Rugama Arauz (2021), respaldan que la incorporación de abonos orgánicos enriquecidos estimula la actividad microbiana en la rizosfera y mejora la absorción de nutrientes. Sin embargo, para que esta tecnología sea efectiva, es crucial ajustar las dosis de aplicación a las demandas específicas del cultivo en condiciones locales. Por ello, esta investigación se plantea con el propósito de evaluar la respuesta agronómica del frijol INTA Rojo ante diferentes dosis de biofertilizante en San Sebastián de Yalí, generando evidencia técnica para determinar la cantidad óptima que maximice el rendimiento productivo y la rentabilidad del agricultor. De esta manera, se pretende entregar una alternativa tecnológica validada que permita reducir la dependencia de insumos externos y promover la recuperación gradual de la fertilidad de los suelos en la zona.

## 2. Antecedentes

En el ámbito latinoamericano, la inoculación biológica ha demostrado ser una estrategia eficaz para maximizar el potencial productivo del frijol. Al respecto, Rodríguez Peralta (2022), en una investigación realizada en Tarapoto, Perú, evaluó distintas cepas de *Rhizobium* en la variedad Panamito. Sus resultados evidenciaron que la inoculación con cepas específicas (como la E10) superó significativamente al testigo y a la fertilización nitrogenada convencional en variables críticas como nodulación y rendimiento por hectárea, concluyendo que el uso de microorganismos nativos es vital para la sostenibilidad del cultivo.

Sin embargo, la respuesta del cultivo no siempre es lineal respecto al rendimiento final. Rivera Garamendi (2023), al estudiar dosis crecientes de *Rhizobium phaseoli* en frijol canario en Cusco, observó mejoras sustanciales en el crecimiento vegetativo (biomasa y nodulación), aunque no detectó diferencias significativas inmediatas en el rendimiento de grano entre las dosis evaluadas. Esto sugiere que el efecto de los bioinsumos puede concentrarse inicialmente en la arquitectura de la planta, tal como lo ratifica Alpízar Marín (2018) en Costa Rica. Este autor, mediante ensayos de co-inoculación en invernadero, demostró que la interacción entre bacterias promotoras de crecimiento genera un desarrollo vegetativo superior, validando la importancia de la nutrición biológica en las primeras etapas fenológicas.

En Nicaragua, la investigación se ha centrado en validar la eficiencia de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) en variedades mejoradas. Carballo Obando y Flores Medina (2022), en estudios realizados en la Universidad Nacional Agraria (UNA), determinaron mediante técnicas isotópicas que el genotipo INTA Biofortificado presenta una alta capacidad de respuesta a la inoculación, logrando que gran parte de su nitrógeno provenga de la fijación atmosférica, lo cual reduce la dependencia de fertilizantes sintéticos.

Esta eficiencia fue corroborada por Álvarez Ruíz (2022), quien encontró que más del 50 % del nitrógeno acumulado en variedades mejoradas de frijol proviene del aire cuando se establece una simbiosis efectiva con *Rhizobium*. Estos hallazgos son fundamentales para la

presente investigación, ya que confirman el potencial genético de los materiales liberados por el INTA para interactuar positivamente con insumos biológicos.

Finalmente, desde una perspectiva de transferencia tecnológica, Bermúdez Guerrero y Gutiérrez Jara (2015) analizaron el rol de las instituciones locales en la adopción de estas innovaciones. Su estudio destaca que la validación en campo y la interacción directa con los agricultores son determinantes para que tecnologías como la biofertilización pasen de la teoría a la práctica en las parcelas de pequeños productores, justificando así la necesidad de realizar ensayos localizados como el propuesto en la Finca Buenos Aires

### 3. Planteamiento del problema

En Nicaragua, el frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) sostiene la economía de miles de familias rurales; sin embargo, en zonas de ladera como San Sebastián de Yalí, los rendimientos promedio se mantienen estancados por debajo del potencial genético de variedades mejoradas como el INTA Rojo. Esta brecha productiva no es casual, sino consecuencia directa de la degradación física y química de los suelos, agravada por la variabilidad climática y prácticas de manejo agronómico extractivistas (Munguía Pérez, 2017).

Para sostener la producción, los agricultores locales han recurrido históricamente a la aplicación intensiva de fertilizantes sintéticos nitrogenados. Si bien estos insumos generan una respuesta visual rápida, su uso indiscriminado ha elevado los costos de producción hasta comprometer la rentabilidad del ciclo, provocando además desequilibrios en la acidez y microbiología del suelo que afectan la sostenibilidad a largo plazo (Fajardo Oporta y Morales Lazo, 2023).

Frente a esta crisis de costos y fertilidad, el uso de biofertilizantes orgánicos se plantea como una solución técnica viable. No obstante, existe una barrera crítica para su adopción eficiente en la zona: la falta de validación local. Actualmente, los productores aplican estos bioles "al tanteo" o basándose en recetas generales, desconociendo la dosis óptima específica que maximiza el rendimiento bajo sus condiciones particulares de suelo y clima (Rugama Arauz, 2021).

Esta carencia de criterios técnicos precisos deriva en sub-dosificaciones ineficaces o desperdicio de insumos, impidiendo que la tecnología exprese su verdadero beneficio económico. Por tanto, es urgente generar evidencia experimental que defina el manejo exacto para la zona, respondiendo a la siguiente interrogante:

¿Cuál es el efecto de la aplicación de diferentes dosis de biofertilizante orgánico sobre el comportamiento agronómico y el rendimiento de la variedad de frijol INTA Rojo en las condiciones edafoclimáticas de San Sebastián de Yalí?

## **4. Preguntas de investigación**

### **4.1. Pregunta General**

- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de diferentes dosis de biofertilizante orgánico sobre el comportamiento agronómico, la tolerancia fitosanitaria y la productividad de la variedad de frijol INTA Rojo bajo las condiciones edafoclimáticas de la Finca Buenos Aires, San Sebastián de Yalí?

### **4.2. Preguntas Específicas**

- ¿En qué magnitud las dosis crecientes de biofertilizante modifican la arquitectura vegetativa de la planta, cuantificable a través de la altura, el diámetro del tallo y la producción de biomasa foliar?
- ¿Cómo varía la incidencia y tolerancia del cultivo ante plagas y enfermedades al someterse a diferentes niveles de suplementación nutricional bio-orgánica en comparación con el manejo convencional?

## 5. Justificación

La ejecución de esta investigación responde a una necesidad crítica del sector productivo de granos básicos en el norte de Nicaragua: la urgencia de validar alternativas tecnológicas que reduzcan los costos de producción sin sacrificar los rendimientos. Ante la escalada de precios de los fertilizantes sintéticos y el deterioro progresivo de la fertilidad en los suelos, la dependencia exclusiva de insumos químicos ha dejado de ser económicamente viable para el pequeño agricultor. Por tanto, la validación agronómica de biofertilizantes locales no es solo una opción ecológica, sino una estrategia financiera indispensable para sostener la rentabilidad del cultivo de frijol en el corto y mediano plazo.

Desde una perspectiva social y local, el estudio tiene un impacto directo sobre las familias de la comunidad La Naranjita y zonas aledañas de San Sebastián de Yalí. Al determinar científicamente la dosis óptima de biofertilizante, se provee al productor de una herramienta técnica precisa para maximizar su cosecha a bajo costo. Esto trasciende el aumento de la producción; significa fortalecer la seguridad alimentaria local y generar excedentes comercializables que mejoren la resiliencia económica de los hogares frente a la volatilidad del mercado y el cambio climático.

En el ámbito técnico-científico, la investigación llena un vacío de información existente sobre el manejo nutricional de la variedad INTA Rojo bajo condiciones específicas de bio-nutrición. Si bien existen recomendaciones generales, se carecía de datos experimentales locales que cuantificaran la respuesta fisiológica del cultivo (curva de crecimiento y rendimiento) ante dosis crecientes de este bioinsumo específico.

Finalmente, el valor metodológico del trabajo radica en la sistematización de un protocolo replicable para la elaboración y evaluación de bioles artesanales. La información generada constituye un insumo de referencia para técnicos, extensionistas y futuros investigadores, facilitando la transferencia de tecnología y la adopción de prácticas de agricultura regenerativa que son vitales para recuperar la capacidad productiva de los agroecosistemas en el corredor seco y zonas de transición.

## **6. Objetivos de investigación**

### **6.1. Objetivo General**

- Evaluar el comportamiento agronómico del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) variedad INTA Rojo bajo la aplicación de diferentes dosis de biofertilizante orgánico líquido, para determinar su incidencia en el desarrollo vegetativo, sanidad y rendimiento del cultivo en la Finca Buenos Aires, Jinotega, durante el segundo semestre de 2025.

### **6.2. Objetivos específicos**

- Identificar el efecto de las dosis de biofertilizante sobre el crecimiento vegetativo del frijol INTA Rojo, mediante el registro de las variables: grosor del tallo, altura de planta, número de hojas y número de ramas.
- Determinar la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo en respuesta a la suplementación nutricional con distintas dosis de biofertilizante.
- Evaluar el rendimiento final del cultivo en función de las dosis aplicadas, cuantificando los componentes de producción: número de vainas por planta, granos por vaina y peso de grano.

## **7. Marco Teórico**

### **7.1. Definición de biofertilizante y su diferencia con fertilizantes químicos**

En los sistemas de producción de granos básicos de Nicaragua, la fertilización se ha basado históricamente en la aplicación de sales minerales sintéticas (NPK) de alta solubilidad. Si bien estos insumos generan una respuesta vegetativa inmediata, su uso continuado sin reposición de materia orgánica provoca la acidificación del suelo y la supresión de la microbiota benéfica. En contraste, los biofertilizantes actúan como tecnologías regenerativas; no se limitan a suministrar nutrientes inertes, sino que introducen consorcios microbianos vivos (bacterias y hongos) capaces de colonizar la rizosfera y restablecer los ciclos biogeoquímicos naturales del suelo.

La diferencia sustancial radica en el mecanismo de acción: mientras el fertilizante químico nutre a la planta por ósmosis directa (a menudo generando toxicidad por salinidad), el biofertilizante estimula procesos fisiológicos complejos como la fijación biológica de nitrógeno (FBN), la solubilización de fosfatos inorgánicos y la síntesis de fitohormonas promotoras del crecimiento (auxinas y giberelinas). Según el INTA-Nicaragua (2023), esta distinción es crítica para la agricultura familiar en zonas de ladera, donde el objetivo no es solo el rendimiento inmediato, sino la sostenibilidad del recurso suelo a largo plazo .

A nivel nacional, el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) ha validado el uso de cepas nativas de *Rhizobium* y *Trichoderma* como base de estos biopreparados. Estas cepas han demostrado una alta especificidad con variedades locales de frijol, mejorando la eficiencia en la absorción de nutrientes y activando mecanismos de defensa sistémica contra patógenos, lo cual permite reducir progresivamente la dependencia de agroquímicos costosos y mitigar la contaminación de fuentes de agua.

#### **7.1.1. Clasificación y tipos de biofertilizantes**

Desde una perspectiva agronómica, los biofertilizantes se categorizan según el mecanismo metabólico mediante el cual benefician al cultivo. En los agrosistemas de Nicaragua, la

tecnología se ha centrado en tres grupos funcionales clave: los fijadores de nitrógeno, los solubilizadores de minerales y los activadores del crecimiento radicular.

El primer grupo, compuesto por inoculantes bacterianos, incluye géneros simbióticos como *Rhizobium*, esenciales para leguminosas como el frijol, y géneros de vida libre o asociativos como *Azospirillum* y *Azotobacter*. Estos microorganismos son responsables de capturar el nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ) y transformarlo en amonio ( $NH_4^+$ ), una forma química directamente asimilable por la planta, reduciendo la necesidad de urea sintética.

Por otro lado, los biofertilizantes micorrízicos (basados en hongos del *phylum Glomeromycota*) establecen una simbiosis estructural con la raíz. Su importancia radica en la extensión del micelio fúngico, el cual actúa como una extensión del sistema radicular, incrementando la superficie de exploración para la captación de agua y fósforo. Esta asociación es vital para conferir tolerancia al cultivo frente a condiciones de estrés hídrico típicas de las zonas de ladera (INTA Nicaragua, 2025).

Finalmente, los microorganismos solubilizadores (como *Bacillus* y *Pseudomonas*) desempeñan un rol bioquímico al segregar ácidos orgánicos que liberan nutrientes bloqueados en el suelo, como el fósforo y el potasio. En la práctica local, la innovación consiste en integrar estos consorcios microbianos dentro de matrices orgánicas fermentadas (bioles) elaboradas con insumos de la finca (estiércol, melaza, microorganismos de montaña), convirtiéndolos en una tecnología accesible que potencia la fertilidad biológica del suelo.

### **7.1.2. Componentes del biofertilizante orgánico**

La formulación del abono líquido evaluado no es una mezcla aleatoria, sino un sistema biológico complejo donde cada ingrediente cumple un rol metabólico específico para garantizar la calidad del producto final. A continuación, se detalla la función agronómica de los insumos utilizados:

### **7.1.3. Función del sustrato lácteo (Leche)**

La incorporación de leche de vaca en la mezcla actúa como la principal fuente de proteínas y lactosa, un disacárido esencial que sirve de "combustible" inicial para la activación de las bacterias ácido-lácticas (BAL). Desde un punto de vista microbiológico, la función de la leche es selectiva: promueve una rápida fermentación láctica que acidifica el medio, eliminando patógenos por competencia y estabilizando el biofertilizante para su almacenamiento seguro. Además, las proteínas de la leche se degradan en aminoácidos libres que la planta puede absorber directamente para su metabolismo nitrogenado.

Estudios recientes, como el de Caballero et al. (2024) en Argentina, validan el impacto de estos lactofermentos en la productividad de granos básicos. Su investigación demostró que el uso de sustratos lácteos no solo mejora la estructura biológica del suelo al aportar materia orgánica lábil, sino que incrementa el rendimiento agronómico hasta en un 40 % (en trigo), debido a la mayor biodisponibilidad de minerales quelatados durante el proceso fermentativo.

### **7.1.4. Melaza**

La incorporación de melaza en el diseño del biofertilizante responde a la necesidad técnica de suministrar una fuente de carbono de alta solubilidad, esencial para activar el metabolismo de los microorganismos heterótrofos presentes en el inóculo (estiércol). Químicamente, su alta concentración de azúcares (sacarosa y glucosa) actúa como el sustrato energético primario que impulsa la fermentación anaeróbica, permitiendo una rápida colonización bacteriana y la síntesis de metabolitos secundarios como ácidos orgánicos y enzimas que son vitales para la quelatación de los nutrientes minerales en la solución final .

Además de su rol energético, la melaza aporta una carga mineral significativa de potasio, calcio y hierro, enriqueciendo el perfil nutricional del biofertilizante. Su importancia en la viabilidad del proceso es respaldada por Mota Pacheco et al. (2019), quienes demostraron que los medios de cultivo basados en melaza de caña optimizan la producción de biomasa bacteriana (ej. *Bacillus licheniformis*), asegurando que el bioinsumo mantenga una alta densidad poblacional de microorganismos benéficos hasta el momento de su aplicación en el cultivo.).

### **7.1.5. Rol estructural y nutricional de la materia orgánica**

La adición de materia orgánica vegetal al biofertilizante no cumple únicamente una función de relleno, sino que constituye la base carbonada esencial para equilibrar la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) del medio. Este equilibrio es determinante para sostener el metabolismo de la carga microbiana aportada por el estiércol. Durante la fase anaeróbica, la degradación de estos materiales libera ácidos orgánicos, sustancias húmicas y fúlvicas que actúan como agentes quelatantes naturales, facilitando el transporte de minerales a través de la membrana celular de la planta y mejorando la estructura biológica de la solución final.

El valor agronómico de esta práctica radica en su capacidad para sustituir parcialmente la fertilización sintética sin comprometer la productividad. Esta premisa es respaldada por González Salas et al. (2021), cuyo estudio en sistemas hortícolas demostró que la integración de fuentes orgánicas con biofertilizantes no solo incrementa el rendimiento (hasta un 11 % en melón), sino que permite reducir el uso de fertilizantes químicos en un 33 %, validando la eficiencia de la mineralización orgánica como estrategia de rentabilidad y sostenibilidad.

### **7.1.6. Estiércol de Vaca**

La inclusión de estiércol fresco de vaca en la formulación del biofertilizante cumple la función crítica de aportar el inóculo biológico primario. Este material es rico en una diversidad de microorganismos ruminales bacterias celulolíticas, proteolíticas y hongos que, al ser introducidos en el medio de fermentación, inician la degradación de la materia orgánica y aceleran los procesos de mineralización. Su rol trasciende el simple aporte de macronutrientes (N-P-K); actúa como el catalizador biológico que transforma los sustratos complejos en compuestos quelatados de alta asimilación para el cultivo.

Desde el punto de vista de la fertilidad, el propósito de este componente es asegurar una biodisponibilidad sostenida de nutrientes. Investigaciones en manejo agroecológico, como lo señala InfoAgronomo (2022), indican que los bioles enriquecidos con esta base microbiana (potenciada con leche y melaza) logran restituir la actividad biológica de suelos

degradados, permitiendo reducir gradualmente la dependencia de fertilizantes sintéticos al mejorar la eficiencia en el ciclaje de nutrientes.

#### **7.1.7. Cascara del café**

La integración de la cáscara de café en el biofertilizante responde a una estrategia de aprovechamiento de subproductos agroindustriales disponibles en el agroecosistema de Jinotega. Este material lignocelulósico no solo actúa como un sustrato físico en la fermentación, sino que constituye la principal fuente exógena de potasio (K) y azúcares reductores. Durante la fase anaeróbica, la mineralización de estos tejidos libera cationes de potasio en la solución, enriqueciendo el perfil nutricional del biofertilizante sin incurrir en los costos de sales potásicas sintéticas.

Desde la perspectiva de la fisiología vegetal, el propósito de este aporte es crítico. El potasio solubilizado es el osmorregulador primario de la planta, responsable de la apertura y cierre estomático, lo cual es vital para que el frijol tolere condiciones de estrés hídrico en laderas. Además, facilita la translocación de fotoasimilados desde las hojas hacia las vainas. }

Según el INTA (2024), los bioles enriquecidos con pulpa o cáscara de café presentan una actividad bioestimulante superior, favoreciendo un llenado de grano más eficiente y pesado en cultivos de ciclo corto .

#### **7.1.8. Agua**

El agua constituye el medio líquido fundamental donde ocurren las reacciones bioquímicas de la fermentación anaeróbica. Su función agronómica trasciende la simple disolución física de los solutos (melaza y minerales); actúa como el vehículo de transporte que permite la movilidad iónica y la interacción enzimática entre el inóculo microbiano y los sustratos orgánicos. Según Cenicaña (2016), la disponibilidad hídrica en la mezcla es la que garantiza que los nutrientes mineralizados sean posteriormente asimilables por el sistema radicular de la planta a través del flujo de masas.

Sin embargo, el parámetro crítico validado en este estudio es la ausencia de agentes biocidas, específicamente el cloro residual común en redes de agua potable. El cloro actúa

como un inhibidor directo de la carga microbiana del biofertilizante, deteniendo la fermentación. Por ello, autores como Chávez (2018) enfatizan que el uso de "agua de calidad" (libre de cloro, boro y metales pesados) es un requisito técnico indispensable para asegurar la viabilidad de las poblaciones de bacterias y levaduras, evitando toxicidad en el suelo y garantizando la inocuidad del producto final.

## **7.2. Importancia agroeconómica del cultivo de frijol**

El frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) constituye la leguminosa de grano más relevante en la estructura productiva de Nicaragua, no solo por su aporte a la seguridad alimentaria nacional, sino por su rol dinamizador en la economía rural. Agronómicamente, su importancia radica en su corto ciclo vegetativo y su capacidad de adaptación a diversos nichos ecológicos, lo que permite a los pequeños productores obtener liquidez rápida y rotar cultivos en sistemas de ladera. Según el INTA (2023), este grano es la fuente primaria de proteína vegetal (22%) y minerales esenciales (hierro y zinc) en la dieta nicaragüense, siendo un rubro estratégico para combatir la desnutrición en zonas vulnerables.

Desde una perspectiva económica, el cultivo sustenta los ingresos de miles de familias campesinas, quienes destinan una parte significativa de la cosecha a la comercialización regional. Sin embargo, la sostenibilidad de este modelo depende de mantener bajos costos de producción. En este sentido, la validación de tecnologías locales (como la biofertilización) es crucial para preservar la rentabilidad del rubro frente a la volatilidad de los precios de insumos externos, garantizando así la soberanía alimentaria y la estabilidad de los sistemas productivos locales.

### **7.2.1. Perfil agronómico y fenotípico de la variedad INTA Rojo**

La selección del cultivar INTA Rojo para este estudio obedece a su diseño genético específico para los agroecosistemas de ladera y zonas intermedias de Nicaragua. Este genotipo mejorado se distingue por presentar un hábito de crecimiento determinado y una arquitectura de planta erecta, características morfofisiológicas que facilitan las labores culturales y permiten el manejo de altas densidades de siembra sin comprometer la aireación

del dosel. Su ciclo vegetativo intermedio le confiere plasticidad para adaptarse a ventanas de siembra ajustadas, siendo un componente clave en los sistemas de relevo de granos básicos.

Desde una perspectiva ecofisiológica, el manejo hídrico es un factor limitante para este cultivar. Investigaciones de Flores Pacheco et al. (2019) en el trópico húmedo evidencian que el INTA Rojo posee una alta demanda evapotranspirativa para expresar su potencial de rendimiento, requiriendo un suministro de humedad edáfica equivalente al 80-120 % de su evapotranspiración diaria. Esta sensibilidad al déficit hídrico subraya la necesidad de fortalecer su sistema radicular mediante prácticas de nutrición bio-orgánica que mejoren la retención de humedad en el perfil del suelo.

En el ámbito comercial, la variedad ha validado su estabilidad productiva a escala nacional, reportándose volúmenes superiores a los 4.8 millones de quintales en el ciclo 2022. Su éxito de mercado radica en la calidad del grano (fenotipo rojo brillante, tiempo de cocción reducido y alto valor proteico), lo cual cumple con los estándares de exportación hacia mercados exigentes como Costa Rica y Estados Unidos, consolidándose como el material genético predominante en la zona norte del país (El 19 Digital, 2023).

### **7.2.2. Adaptabilidad edafoclimática y requerimientos fisiológicos**

El éxito agronómico del cultivo de frijol está condicionado por la oferta ambiental de la zona. Para la variedad INTA Rojo, el rango térmico óptimo oscila entre los 18 y 25 °C, con altitudes preferentes entre los 600 y 1,200 msnm. Estas condiciones, características de los agroecosistemas de Jinotega y Matagalpa, son determinantes para la tasa de floración y cuajado de vainas. Según Lacayo (2023), cuando el cultivo se establece dentro de esta franja altitudinal (como es el caso de San Sebastián de Yalí a 1,050 msnm), se maximiza la eficiencia metabólica de la planta, siempre que no existan factores limitantes de estrés abiótico.

En términos hídricos, el cultivo presenta una alta sensibilidad al déficit de humedad, especialmente en la etapa reproductiva. Estudios de Flores Pacheco et al. (2019) cuantifican que la demanda hídrica del INTA Rojo equivale al 80-120 % de la evapotranspiración diaria. En zonas de ladera, donde la retención de agua es menor por escorrentía, esta exigencia

justifica la implementación de prácticas de conservación de suelos y el uso de abonos orgánicos que mejoren la capacidad de campo y mitiguen el impacto de las variaciones climáticas sobre la fenología del cultivo.

Respecto al componente edáfico, el frijol requiere suelos de textura franca a franco-arcillosa, con buena estructura granular que facilite el drenaje y la aireación, factores críticos para la respiración radicular y el establecimiento de la simbiosis con *Rhizobium*. El pH ideal se sitúa entre 5.5 y 7.5; valores fuera de este rango pueden inhibir la nodulación natural. Investigaciones de la UNA (2021-2022) confirman que, en suelos con fertilidad media, la incorporación de biofertilizantes no solo aporta nutrientes, sino que actúa como enmienda biológica, tamponando el pH y mejorando la estructura del suelo para potenciar el desarrollo radicular.

### **7.3. Respuesta del frijol a diferentes prácticas de fertilización**

La respuesta agronómica del frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) está intrínsecamente ligada al manejo de su demanda nutricional, particularmente de nitrógeno y fósforo. En los sistemas convencionales, la estrategia predominante ha sido la aplicación de fuentes sintéticas de alta solubilidad (urea y 18-46-0) para obtener una respuesta vegetativa inmediata. Sin embargo, Fajardo Oporta y Morales Lazo (2023) advierten que esta práctica genera un "costo oculto": la presencia excesiva de nitrógeno mineral en el suelo inhibe la capacidad natural de la planta para establecer simbiosis con bacterias fijadoras, volviendo al cultivo dependiente del insumo externo y acelerando la degradación química del sustrato edáfico.

Frente a esta limitante, la fertilización bio-orgánica induce una respuesta fisiológica distinta. Al inocular el suelo con bioles enriquecidos con Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPR), como *Azospirillum* y *Rhizobium*, no solo se suministran nutrientes, sino que se modifica la arquitectura radicular. Según Rugama Arauz (2021), esta interacción biológica estimula la emisión de pelos radicales y la nodulación efectiva, lo que incrementa la superficie de exploración del suelo y la eficiencia en la absorción de agua y

nutrientes, resultando en plantas con mayor biomasa y vigor sin el costo energético de procesar sales sintéticas.

En el contexto de la agricultura nicaragüense, la evidencia valida que los esquemas de nutrición integrada son los más resilientes. El INTA (2024) reporta que cuando el frijol se maneja con bioinsumos que aportan materia orgánica y microorganismos, se observa una mejora significativa en los componentes del rendimiento (número de vainas y peso de grano), debido a que la planta mantiene su tasa fotosintética por más tiempo, incluso bajo las condiciones de variabilidad climática típicas de la zona.

### **7.3.1. Concepto de desarrollo vegetativo en plantas**

La etapa vegetativa constituye la fase fundacional del rendimiento agronómico en el cultivo de frijol. Más allá de la simple formación de tejidos, este periodo es crítico para establecer la arquitectura de la planta y la capacidad de la "fuente" fotosintética que posteriormente sustentará el llenado de los órganos reproductivos ("sumideros"). Fisiológicamente, el éxito de esta etapa depende del equilibrio hormonal entre auxinas (elongación) y citoquininas (división celular), regulado por la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Según Alemán Martínez (2021), una nutrición deficiente en este punto limita irreversiblemente el número de nudos productivos y, por ende, el potencial de vainas por planta.

Desde el enfoque fitotécnico, la evaluación del vigor vegetativo no se limita a mediciones biométricas aisladas, sino que busca correlacionar variables alométricas clave — altura, diámetro de tallo y área foliar— con la capacidad de carga del cultivo. Un tallo robusto y un follaje denso son indicadores directos de un sistema vascular eficiente para el transporte de agua y solutos. Solís Puerto (2005) sostiene que maximizar estas estructuras antes de la floración es la única vía para garantizar una acumulación de reservas suficiente que amortigüe la demanda energética durante la formación del grano.

La plasticidad fenotípica del frijol durante esta fase está fuertemente condicionada por la estrategia de fertilización. Evidencias científicas, como las de Granito et al. (2006), demuestran que las enmiendas orgánicas (compost, bioles) inducen un crecimiento más

equilibrado y sostenido en comparación con la fertilización sintética de choque. Esto se atribuye a que la mineralización gradual de la materia orgánica mejora las propiedades físicas del suelo y la retención de humedad, permitiendo que la planta mantenga su turgencia y tasa de crecimiento incluso bajo fluctuaciones ambientales.

### **7.3.2. Indicadores morfofisiológicos de vigor y productividad**

Para cuantificar el estado agronómico del cultivo, esta investigación se fundamenta en la evaluación de indicadores biométricos que correlacionan la estructura de la planta con su potencial de rendimiento. El primer indicador crítico es la altura de planta, variable que determina la arquitectura del dosel y la eficiencia en la interceptación de radiación solar. Según INTA Nicaragua (2023), en sistemas de ladera, un crecimiento vertical adecuado es vital para asegurar la competencia por luz frente a las arvenses, aunque debe estar balanceado con el grosor del tallo para evitar el acame.

El segundo componente evaluado es la densidad de follaje (número de hojas trifoliadas), considerado el "motor fotosintético" del frijol. La magnitud de la superficie foliar define el Índice de Área Foliar (IAF), parámetro directamente proporcional a la tasa de producción de fotoasimilados. Campos et al. (2011) sostienen que el monitoreo de la emisión de hojas permite modelar la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) e identificar los momentos exactos de demanda nutricional, validando si la dosis de fertilizante aplicada está siendo metabolizada en biomasa funcional.

Finalmente, la plasticidad de estos indicadores está condicionada por la fuente nutricional. Evidencia local generada por García Rodríguez (2018) en Masaya demuestra que la aplicación de bioles no solo elonga el tallo, sino que estimula significativamente la ramificación lateral (número de ramas), multiplicando los sitios potenciales para la formación de vainas. Asimismo, Rugama Arauz (2021) valida que la nutrición organo-mineral induce un engrosamiento celular mayor en comparación con la fertilización sintética pura, resultando en plantas con una estructura vascular más robusta y tolerante al estrés biótico.

### **7.3.3. Importancia del monitoreo fenológico para la eficiencia agronómica**

La caracterización fenológica del cultivo no es un fin en sí mismo, sino la herramienta técnica que permite sincronizar las labores agronómicas especialmente la fertilización con las etapas de máxima demanda fisiológica. En el manejo del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), el seguimiento de las fases de desarrollo (vegetativa y reproductiva) es lo que determina la "ventana de oportunidad" para la aplicación de insumos. Este enfoque permite transitar de un calendario de manejo basado en días calendario a uno basado en el tiempo fisiológico de la planta, optimizando la respuesta ante factores ambientales como la radiación y la disponibilidad de nutrientes.

Para la variedad INTA Rojo, el conocimiento preciso de su cronología es vital. Según INTA Nicaragua (2023), este genotipo presenta una floración promedio a los 36 días y alcanza la madurez de cosecha entre los 70 y 74 días después de la siembra. Estos hitos temporales constituyen la línea base para evaluar el efecto de los biofertilizantes: cualquier adelanto o retraso significativo en estos eventos (como una floración precoz o un llenado de vaina extendido) sirve como indicador directo de cómo la nutrición suplementaria está modificando el ciclo de vida y la capacidad de adaptación del cultivo ante el estrés climático.

En el contexto de variabilidad climática que enfrenta Nicaragua, el monitoreo fenológico se convierte en un mecanismo de alerta temprana. Identificar el inicio exacto de la etapa reproductiva (R5) permite al productor realizar aplicaciones preventivas de bioinsumos que fortalezcan la planta antes de momentos críticos, asegurando que el cultivo disponga de las reservas energéticas necesarias para sostener la producción incluso bajo condiciones adversas.

### **7.3.4. Caracterización de las etapas fenológicas críticas**

El ciclo ontogénico del frijol no es una secuencia lineal uniforme, sino una sucesión de eventos fisiológicos con demandas metabólicas diferenciadas. Agronómicamente, se sistematiza en dos macro-fases: la Vegetativa (V), que abarca desde la emergencia hasta la prefloración, y la Reproductiva (R), que comprende desde la aparición del primer botón floral hasta la madurez de cosecha. Comprender esta dinámica es vital, pues la transición entre

etapas marca los momentos críticos para la intervención técnica (fertilización, control de plagas).

La etapa de emergencia (V1) constituye el primer componente del rendimiento, ya que define la densidad poblacional final del lote (stand de plantas). El proceso inicia con la imbibición y culmina cuando los cotiledones rompen la superficie del suelo, marcando el paso de la dependencia de reservas de la semilla a la autotrofia fotosintética. La uniformidad de este evento es el indicador primario de vigor; una emergencia desuniforme resulta en plantas dominadas que no expresarán su potencial productivo.

Para el genotipo INTA Rojo en condiciones de trópico húmedo, la estabilidad de esta fase es altamente dependiente del factor hídrico. Flores Pacheco et al. (2019) establecen que, para garantizar una emergencia vigorosa y sin pérdidas por estrés mecánico o deshidratación del hipocótilo, es imperativo mantener una humedad edáfica superior al 80 % de la capacidad de campo. Este requerimiento subraya la importancia de la preparación del suelo y la conservación de humedad como prácticas pre-siembra indispensables en la zona.

### **7.3.5. Determinantes ambientales y nutricionales del ritmo fenológico**

El desarrollo fenológico del frijol no es un proceso estático, sino una respuesta plástica ante la interacción de tres factores determinantes: la carga genética de la variedad, la oferta climática y el estado nutricional del suelo. Si bien la genética define el potencial de precocidad (ciclo corto o intermedio), son los factores externos los que modulan la velocidad de la ontogenia. Suárez Pascua y Solís Rodríguez (2006) explican que la temperatura es el "reloj biológico" primario; sin embargo, en zonas de ladera, la disponibilidad de nutrientes especialmente Nitrógeno y Fósforo actúa como el regulador metabólico que puede acelerar o retrasar etapas críticas como la floración.

En el contexto específico del INTA Rojo, la nutrición juega un rol dual. Por un lado, una fertilización nitrogenada excesiva (común en el manejo químico) tiende a extender la fase vegetativa, promoviendo un "vicio" en el follaje que retrasa la inducción floral. Por el contrario, la biofertilización equilibrada, rica en fitohormonas naturales, promueve una transición fenológica más armónica. Según Reyes Gómez (2023), cuando la planta dispone

de un balance nutricional óptimo desde la emergencia, se logra acortar los días a floración y homogeneizar la madurez de las vainas, lo cual es vital para escapar a periodos de sequía terminal en el ciclo de postrera.

Finalmente, el estrés climático (déficit hídrico o altas temperaturas) actúa como un factor disruptivo. Bajo condiciones de estrés, la planta tiende a acelerar su ciclo como mecanismo de supervivencia, sacrificando rendimiento para producir semilla viable rápidamente. La incorporación de materia orgánica a través de bioles mitiga este efecto, ya que mejora la retención de humedad en el suelo y permite que el cultivo complete sus fases fenológicas con normalidad, expresando su verdadero potencial productivo en lugar de una madurez forzada.

### **7.3.6. Protocolos estandarizados de registro fenológico**

Para garantizar la precisión y comparabilidad de los datos agronómicos, la evaluación del desarrollo del frijol requiere trascender la observación empírica hacia el uso de escalas fenológicas codificadas. La metodología estándar a nivel internacional es la escala extendida BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie), la cual asigna códigos numéricos universales a cada estadio de crecimiento, desde la germinación (Estadio 00) hasta la senescencia (Estadio 99). Según Suárez Pascua y Solís Rodríguez (2006), la adopción de este sistema es crítica en ensayos experimentales, ya que elimina la subjetividad del evaluador al definir criterios morfológicos exactos para determinar cuándo una planta ha transicionado de una fase vegetativa a una reproductiva.

En la práctica investigativa, el registro se sistematiza mediante la técnica de observación directa con frecuencia predefinida (diaria o semanal), documentando el momento en que el 50% + 1 de la población muestral alcanza una etapa específica. Este enfoque permite construir curvas de crecimiento y cronogramas fenológicos precisos. Reyes Gómez (2023) destaca que, en validaciones de campo en Nicaragua, el uso de fichas de registro estandarizadas facilita la correlación estadística entre los días a floración y variables ambientales, permitiendo detectar micro-variaciones en el ciclo de cultivo inducidas por tratamientos nutricionales o estrés hídrico.

La implementación de estos protocolos en el presente estudio no solo busca documentar la duración del ciclo, sino validar la plasticidad del INTA Rojo. Al registrar variables como "Días a Floración (R6)" y "Días a Madurez Fisiológica (R9)" bajo un esquema metodológico riguroso, es posible cuantificar si la aplicación de biofertilizantes logra acelerar o retrasar eventos críticos, aportando evidencia cuantitativa sobre la eficiencia metabólica del cultivo bajo manejo bio-orgánico.

### **7.3.7. Impacto de la bioestimulación en la dinámica fenológica**

La aplicación de biofertilizantes enriquecidos no solo impacta la nutrición mineral, sino que actúa como un modulador del ciclo ontogénico del frijol. La presencia de microorganismos benéficos (*Rhizobium*, *Azospirillum*) y metabolitos activos en el bio estimula la síntesis endógena de fitohormonas (giberelinas y citoquininas). Según el INTA (2024), este estímulo hormonal es el responsable de acelerar las transiciones entre etapas, reduciendo los días a prefloración y promoviendo una inducción floral más vigorosa y uniforme, lo cual es determinante para cultivos de ciclo corto que deben aprovechar ventanas de humedad limitadas.

Desde una perspectiva productiva, la mejora en la calidad fenológica se manifiesta en la sincronía de los eventos reproductivos. En lugar de una floración escalonada (que dificulta la cosecha y aumenta pérdidas), la biofertilización promueve una emisión floral concentrada y un llenado de vainas homogéneo. Estudios validados por INTA Nicaragua (2023) en sistemas agroecológicos demuestran que las plantas tratadas con bioles mantienen una Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) superior, lo que les permite sostener la demanda energética de la fructificación sin entrar en senescencia prematura, asegurando una madurez de cosecha uniforme.

Finalmente, la biofertilización confiere estabilidad fenológica frente al estrés ambiental. En condiciones adversas, como el déficit hídrico común en la canícula o al final de la postrera, el frijol tiende a abortar flores o acelerar su muerte (madurez forzada). Sin embargo, INTA Nicaragua (2025) documenta que la simbiosis con micorrizas y rizobacterias permite a la planta mantener su turgencia y ritmo metabólico, amortiguando el impacto climático y

garantizando que el ciclo fenológico se complete fisiológicamente, lo que se traduce en granos de mayor peso y calidad comercial.

### **7.3.8. Criterios técnicos para la determinación de la dosis agronómica**

La definición de una dosis óptima en la biofertilización no obedece a una lógica lineal de "más es mejor", sino al principio agronómico de la eficiencia de uso de nutrientes. El objetivo técnico es identificar el volumen exacto de insumo que logra satisfacer la demanda metabólica del cultivo en sus puntos críticos (floración y llenado), sin sobrepasar la capacidad de retención del suelo ni generar antagonismos iónicos. Este enfoque busca sincronizar la oferta nutricional del biol con la curva de absorción de la planta, asegurando que cada mililitro aplicado se traduzca en biomasa o grano.

Un factor determinante en esta ecuación es la calidad intrínseca del bioinsumo. Según Gil Ramírez et al. (2023), la efectividad de una dosis no depende solo de la concentración química (NPK), sino de la densidad de su carga microbiológica. Aplicar la dosis correcta implica inocular una cantidad suficiente de microorganismos funcionales que puedan colonizar la rizosfera y catalizar cambios físicos en el suelo, como la regulación del pH y la conductividad eléctrica. Una dosis sub-óptima no lograría establecer esta población microbiana, mientras que una dosis excesiva podría alterar el equilibrio osmótico, inhibiendo el crecimiento radicular.

Por tanto, el principio agronómico que rige este estudio es la validación de la relación costo-beneficio biológico: encontrar la dosis que maximice la respuesta fisiológica (crecimiento y rendimiento) con la menor inversión de recursos, garantizando la sostenibilidad edáfica del sistema productivo.

### **7.3.9. Relación dosis-respuesta en cultivos**

El comportamiento productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) frente a la fertilización no sigue un patrón lineal infinito, sino que obedece a una curva de respuesta biológica. Fisiológicamente, el cultivo responde de manera incremental a la oferta de nutrientes hasta alcanzar un "punto de saturación" o nivel óptimo biológico. En el manejo de

biofertilizantes líquidos, comprender esta dinámica es vital: dosis por debajo del umbral crítico resultan insuficientes para activar el metabolismo de crecimiento, mientras que dosis excesivas pueden inducir efectos fitotóxicos por acumulación de sales o generar antagonismos que bloquean la absorción de cationes en la rizosfera.

Esta conducta no lineal fue validada experimentalmente por Tello García (2018), quien al evaluar gradientes de concentración de biol en leguminosas, identificó un comportamiento parabólico en el rendimiento. Su investigación demostró que la dosis ajustada a la demanda fenológica logró el máximo rendimiento agronómico (2,656 kg/ha), mientras que las dosis superiores provocaron un descenso en la producción, evidenciando la "Ley de los Rendimientos Decrecientes". Aunque dicho estudio se realizó con variedades homólogas (Amadeus 77), el principio fisiológico es plenamente extrapolable al INTA Rojo debido a su similar arquitectura de planta y alta sensibilidad a la nutrición nitrogenada, lo que justifica la necesidad de identificar con precisión la dosis local que maximice la eficiencia sin incurrir en consumo de lujo o toxicidad.

#### **7.3.10. Análisis comparativo entre dosis bajas, medias y altas de biofertilizante**

La evaluación de dosis crecientes de biofertilizante permite identificar el "punto de equilibrio agronómico" donde se maximiza la eficiencia metabólica del cultivo. En el manejo del frijol, la respuesta a los niveles de aplicación no es uniforme. Las dosis bajas suelen actuar únicamente como estimulantes basales, insuficientes para cubrir la demanda de nitrógeno durante la floración, lo que resulta en un desarrollo vegetativo limitado. Por el contrario, las dosis medias tienden a optimizar la relación costo-beneficio, al suministrar los nutrientes necesarios para activar la nodulación sin exceder la capacidad de asimilación de la planta.

Sin embargo, el manejo de dosis altas presenta una dualidad técnica. Si bien una mayor concentración de biol aporta más recursos, existe un riesgo potencial de inducir desequilibrios osmóticos o salinidad en la rizosfera si el preparado no está bien estabilizado. Este fenómeno fue documentado por Mejía Bermúdez et al. (2011) en Bluefields, quienes, al evaluar gradientes de fertilización foliar, encontraron que la dosis intermedia superó en rendimiento a la dosis máxima. Este hallazgo sugiere que el frijol posee un límite fisiológico

de absorción, más allá del cual el exceso de insumo no se traduce en grano, sino que puede inhibir la actividad microbiana benéfica o generar toxicidad leve.

Para el caso del INTA Rojo en Jinotega, la validación de estos rangos es crítica. Dado que es una variedad mejorada con alta demanda de extracción, la hipótesis de trabajo plantea que su "techo productivo" podría requerir dosis superiores a las reportadas para variedades criollas, siempre que las condiciones de humedad del suelo permitan la movilización de los solutos sin causar estrés salino.

### **7.3.11. Criterios de evaluación**

La valoración del desempeño del cultivar INTA Rojo bajo esquemas de biofertilización requiere un abordaje integral que correlacione el comportamiento fenológico con la expresión de los componentes del rendimiento. En este estudio, los criterios de evaluación se jerarquizan en dos niveles: respuesta morfofisiológica y eficiencia productiva. El primer nivel analiza si el aporte nutricional suplementario modifica la arquitectura de la planta (biomasa aérea y radicular) o altera la cronología de las etapas críticas (días a floración y madurez), determinando si existe un efecto de precocidad o de prolongación del llenado de grano.

El segundo nivel se centra en la cuantificación de los componentes del rendimiento, entendidos no como variables aisladas, sino como una cadena de eventos fisiológicos interdependientes. Se evalúa el número de vainas por planta (capacidad de carga), el número de granos por vaina (eficiencia reproductiva) y el peso de 100 semillas (eficiencia en la translocación de fotoasimilados). Estos indicadores permiten discernir si el incremento en el rendimiento final (kg/ha) es producto de una mayor producción de estructuras o de un mejor llenado del grano.

Esta metodología de evaluación multidimensional es respaldada por Costa da Silva et al. (2023), quienes demostraron que la aplicación de insumos en momentos fenológicos específicos impacta directamente en la calidad fisiológica de la semilla. Su investigación subraya que para validar una tecnología agrícola no basta con pesar la cosecha bruta; es

indispensable monitorear cómo la intervención agronómica optimiza la interacción entre la fenología y la fisiología del cultivo para garantizar la estabilidad de la producción ..

## **8. Hipótesis**

La aplicación de diferentes dosis de biofertilizante a base de melaza, leche, materia orgánica, cascara de café y estiércol de vaca, incide significativamente en el desarrollo fenológico del frijol INTA Rojo (*Phaseolus vulgaris L.*), reflejándose en variaciones en altura de planta, número de ramas y tiempo de floración en las condiciones de la Finca Buenos Aires, San Sebastián de Yalí, Jinotega.

### **8.1. Hipótesis Nula:**

La aplicación de diferentes dosis de biofertilizante orgánico a base de melaza, leche, materia orgánica, cáscara de café y estiércol de vaca, no incide significativamente en el desarrollo fenológico del frijol INTA Rojo (*Phaseolus vulgaris L.*), por lo que no existen diferencias estadísticas en las variables de altura de planta, número de ramas y tiempo de floración entre los tratamientos evaluados en las condiciones de la Finca Buenos Aires, San Sebastián de Yalí, Jinotega.

## 9. Operacionalización de variables

*Tabla 1: Operacionalización de variables*

<b>Objetivo Específico</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
Analizar el efecto de diferentes dosis de biofertilizante sobre el crecimiento vegetativo del frijol INTA Rojo, mediante el seguimiento de variables como grosor del tallo, altura de planta, número de hojas y número de ramas.	Crecimiento vegetativo	Este concepto se define como el proceso de desarrollo de estructuras vegetativas, tales como tallos, hojas y ramas, que ocurre en una planta durante su ciclo inicial (Flores de la Cruz et al., 2018).	Medición periódica de la altura de planta, número de hojas y ramas por planta en diferentes fechas del ciclo fenológico.	Altura promedio (cm), número de hojas y número de ramas por planta	Regla milimetrada, contador manual, ficha de registro
Determinar la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de frijol INTA Rojo en respuesta a la aplicación de distintas dosis de biofertilizante	Incidencia de plagas y enfermedades	Se define como la frecuencia o presencia de organismos fitopatógenos y plagas que afectan el cultivo durante su desarrollo (Expósito Pérez y García Beltrán, 2011).	Observación visual sistemática y conteo de plantas afectadas por tipo de plaga o enfermedad en cada parcela.	% de plantas afectadas por plagas o enfermedades	Ficha de monitoreo fitosanitario, guía de diagnóstico
3. Evaluar el rendimiento del cultivo de frijol INTA Rojo en función de las dosis de biofertilizante aplicadas	Rendimiento del cultivo	Se define como la cantidad total de producto cosechado por unidad de área bajo condiciones específicas de manejo (Mejía Bermúdez et al., 2011).	Medición del número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso total de grano por parcela.	Número de vainas/planta, granos/vaina, rendimiento (kg/ha)	Balanza, hoja de cosecha, ficha de rendimiento

## **10.Diseño metodológico**

### **10.1. Tipo de investigación**

La presente investigación se clasifica como **aplicada** y se desarrolla bajo un enfoque **cuantitativo–experimental**. Su propósito fundamental es generar evidencia técnica para optimizar el manejo nutricional del frijol INTA Rojo en condiciones reales de campo.

El carácter experimental radica en la manipulación deliberada de la variable independiente (**dosis de biofertilizante orgánico**) para cuantificar sus efectos sobre las variables dependientes: crecimiento vegetativo, desarrollo fenológico y rendimiento del cultivo. Este enfoque permite establecer relaciones de causa-efecto mediante el control de variables y el análisis estadístico riguroso, garantizando la objetividad y reproducibilidad de los resultados.

**Según su alcance**, el estudio es explicativo y correlacional, ya que busca determinar cómo las distintas dosis modifican el desarrollo fisiológico de la planta. **La temporalidad** es transversal, realizándose la recolección de datos durante un único ciclo productivo (Primera 2025).

### **10.2. Ubicación y descripción del área de estudio**

El presente trabajo de investigación se realizó durante el ciclo agrícola de Primera del año 2025, en la **Finca Buenos Aires**, ubicada en la **comunidad La Naranjita**, situada a 4 km del casco urbano de San Sebastián de Yalí, sobre la salida hacia Jinotega. El sitio experimental se encuentra georreferenciado en las coordenadas **13°16'39.2"N 86°10'27.2"W**, a una altitud aproximada de **1,050 msnm**.

**Figura 1:** Ubicación de la finca Buenos Aires



*Fuente: Google Maps*

La zona presenta una temperatura media anual de 21 °C y una precipitación promedio de 1,200 mm, condiciones que corresponden a una zona de vida de bosque húmedo premontano tropical. Edafológicamente, el área se caracteriza por suelos de textura franco-arcillosa, con un pH ligeramente ácido y un buen drenaje natural, lo cual es representativo de las zonas de ladera dedicadas a la producción de granos básicos en la región.

### **10.3. Diseño experimental y tratamientos**

Se estableció un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) (o diseño pareado según tu ajuste de campo), considerado el más idóneo para experimentos de campo donde pueden existir gradientes de variabilidad en el suelo. El ensayo constó de cuatro tratamientos con tres repeticiones, conformando un total de 12 unidades experimentales:

**T1 (Testigo):** T Manejo convencional sin aplicación de biofertilizante.

**T2 (Dosis Baja):** Aplicación de 500 ml de biofertilizante por bomba de 20 litros.

**T3 (Dosis Media):** Aplicación de 1,000 ml de biofertilizante por bomba de 20 litros.

**T4 (Dosis Alta):** Aplicación de 1,500 ml de biofertilizante por bomba de 20 litros.

#### **10.4. Preparación y manejo del biofertilizante (Insumo Experimental)**

Para garantizar la reproducibilidad del estudio, se describe el protocolo de elaboración del insumo evaluado. Se formuló un biofertilizante líquido fermentado tipo "biol" utilizando recursos locales. La mezcla base consistió en:

**Fuente de inóculo microbiano:** Estiércol fresco de ganado bovino.

**Fuentes de energía:** Melaza y leche de vaca para activar la fermentación láctica y de levaduras.

**Fuentes minerales:** Cáscara de café y materia orgánica local para el aporte de potasio y micronutrientes.

**Medio líquido:** Agua libre de cloro.

El proceso incluyó una etapa de fermentación anaeróbica en bidones sellados con válvula de escape de gases, por un periodo de 30 a 45 días hasta su estabilización, momento en el cual se procedió al filtrado y dosificación para su aplicación en campo.

#### **10.5. Población y muestra**

##### **10.5.1. Población**

La población está constituida por la totalidad de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad INTA Rojo establecidas en el área experimental. Considerando las 12 unidades experimentales del ensayo (4 tratamientos y 3 repeticiones), se cuenta con una población total de 400 plantas.

##### **10.5.2. Muestra**

La muestra consistió en 400 plantas seleccionadas para la medición de variables. El muestreo fue aleatorio simple, seleccionando 10 plantas por unidad experimental (parcela útil), excluyendo las plantas de los bordes ("efecto de borde") para evitar sesgos.

### 10.5.3. Tipo de Muestreo

El muestreo aplicado es no probabilístico aleatorio simple, la selección de las plantas a medir dentro de cada parcela, sin embargo, la selección inicial está sujeta a criterios de uniformidad de crecimiento y sanidad inicial de las plantas para asegurar la homogeneidad de la muestra y evitar sesgos al comienzo del experimento.

### 10.6. Variables evaluadas e instrumentos

La recolección de datos se ejecutó mediante la técnica de observación directa sistemática en las etapas fenológicas (V3, V4, R5, R8), utilizando los siguientes instrumentos de precisión:

#### 10.6.1. Variables de Crecimiento Vegetativo:

- **Altura de planta (cm):** Se midió desde el cuello de la raíz hasta el ápice meristemático utilizando una regla milimetrada/cinta métrica, evitando estirar la planta para no alterar el dato real.
- **Diámetro del tallo (mm):** Medido en el segundo entrenudo utilizando un pie de rey (calibrador vernier) digital para detectar micro-variaciones en el engrosamiento.
- **Número de hojas y ramas:** Conteo manual directo de hojas trifoliadas funcionales y ramas productivas por planta.

#### 10.6.2. Variables de Rendimiento:

- **Componentes:** Conteo de número de vainas por planta y granos por vaina al momento de la cosecha.
- **Peso de grano:** Determinado mediante una balanza de precisión (capacidad 5kg, precisión 1g), registrando el peso de 100 semillas y el peso total de grano por parcela corregido al 14% de humedad, para su posterior extrapolación a kg/ha.

### 10.6.3. Incidencia Fitosanitaria

- Monitoreo semanal de la presencia de plagas defoliadoras (Gusano medidor), cuantificando el porcentaje de daño foliar visual y número de hojas afectadas.

### 10.7. Métodos, técnicas e instrumentos para recolección de datos

La recolección de información primaria para la investigación se sustenta en una combinación de métodos teóricos y empíricos, los cuales dictan las técnicas y los instrumentos aplicados en campo.

#### 10.7.1. Técnicas de Recolección de Datos

La recolección de información se basó en dos técnicas fundamentales:

- **Medición Cuantitativa:** Aplicada para variables métricas como altura (cm), diámetro (mm) y rendimiento (g/kg).
- **Observación Directa Sistemática:** Utilizada para el registro de etapas fenológicas, conteo de hojas/ramas y monitoreo de plagas.

#### 10.7.2. Instrumentos de Recolección de Datos

*Tabla 2: Instrumentos de recolección de datos*

Técnica	Instrumentos Específicos	Aplicación y Diseño
Medición Cuantitativa	Regla milimetrada / Cinta métrica	Medición precisa de la altura de planta (base del tallo al ápice) en cada unidad experimental.
	Pie de Rey (Calibrador)	Medición del diámetro del tallo en el segundo entrenudo para detectar engrosamiento.
	Balanza de precisión	Determinación del peso de 100 semillas y peso total del grano por parcela (rendimiento).

<b>Observación Directa</b>	Contador manual	Contabilización de variables discretas: número de hojas, ramas, vainas y granos.
	Ficha de campo	Registro sistemático de datos de crecimiento y fenología según cronograma.
	Guía de diagnóstico fitosanitario	Utilizada para la identificación visual y registro de la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo.
	Bitácora de campo	Instrumento para anotar observaciones contextuales adicionales sobre el ambiente, manejo y condiciones generales durante el experimento.

## 10.8. Procesamiento y análisis de la información

El tratamiento de los datos no se limitó a la recolección, sino que siguió un flujo de procesamiento sistemático:

### 10.8.1. Tabulación y depuración

Los registros físicos de las fichas de campo fueron digitados en hojas de cálculo de Microsoft Excel. Se procedió a realizar una limpieza de la matriz de datos para identificar y corregir posibles errores de dedo (valores atípicos o ilógicos) antes de la importación al software estadístico.

### 10.8.2. Procedimiento Estadístico

El análisis matemático se realizó utilizando el software InfoStat (versión estudiantil). En primera instancia, se calcularon los estadísticos descriptivos (medias, desviación estándar y coeficiente de variación) para caracterizar el comportamiento general del ensayo. Posteriormente, para la comprobación de hipótesis, se ejecutó un Análisis de Varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %. En las variables donde el ANOVA detectó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), se corrió la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, lo que permitió separar los promedios y establecer jerarquías estadísticas entre las dosis evaluadas.

### 10.8.3. Representación de resultados

Finalmente, la interpretación de los hallazgos se sistematizó mediante tablas de resumen de medias y gráficos de barras, integrando las letras de significancia resultantes del análisis en InfoStat para facilitar la lectura agronómica de las diferencias entre el testigo y los tratamientos con biofertilizante.

### 10.8.4. Procedimiento para el cálculo del rendimiento agrícola

Para la determinación del rendimiento final en kilogramos por hectárea (kg/ha), los datos de campo fueron sometidos a un proceso de normalización matemática para eliminar el sesgo provocado por el contenido de agua en el grano y extrapolar la producción de la parcela útil a la unidad de superficie estándar.

**Paso 1:** Corrección por humedad Debido a que el grano cosechado en campo presentó niveles variables de humedad, se aplicó la fórmula de estandarización para ajustar el peso al 14 % de humedad comercial, garantizando la comparabilidad real de la biomasa seca entre tratamientos:

$$Pesocorregido = pesocambio * \frac{100 - \%humedadcampo}{100 - 14}$$

**Donde:**

- **Pesocampo:** Peso bruto obtenido de la parcela útil al momento de la cosecha.
- **%humedadcampo:** Porcentaje de humedad registrado por el determinador digital en el momento de la pesa.
- **14:** Factor de humedad estándar para almacenamiento de frijol.

**Paso 2:** Extrapolación del rendimiento Una vez obtenido el peso neto corregido, se procedió a la conversión espacial utilizando el área efectiva de la parcela útil (excluyendo el efecto de borde), mediante la siguiente relación:

$$Rendimiento \left( \frac{kg}{ha} \right) = \frac{Pesocorregido(kg)}{Areaparcela\acute{u}til(m^2)} * 10,000 m^2$$

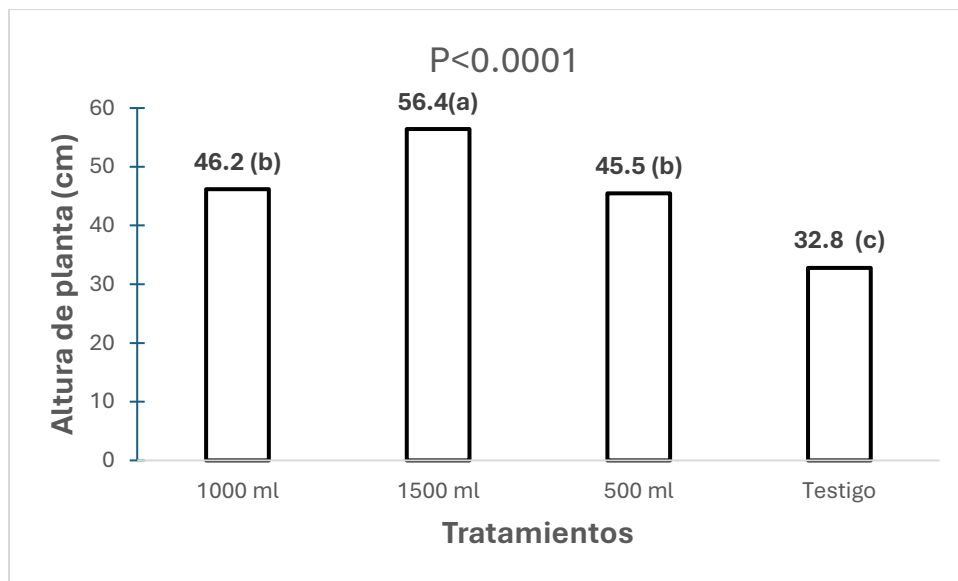
## 11. Análisis y discusión de resultados

### 11.1.1. Efecto de las dosis de biofertilizante sobre el crecimiento vegetativo

Al observar el comportamiento del crecimiento en la **Figura 1**, es evidente que la aplicación del biofertilizante tuvo un impacto directo y positivo sobre la altura de las plantas de frijol INTA Rojo. El análisis estadístico arrojó un valor de  $p < 0.0001$ , lo que confirma que las diferencias que vemos no son casualidad, sino producto de los tratamientos aplicados.

Lo más destacable es lo que ocurrió con la dosis de 1500 ml. Este tratamiento alcanzó una altura promedio de 56.4 cm, ubicándose en el grupo estadístico "a" (superior). Si comparamos esto con el Testigo, que apenas logró 32.8 cm (grupo "c"), estamos hablando de una diferencia de más de 20 cm de altura, lo cual visualmente en campo representó plantas mucho más vigorosas y con mejor estructura para cargar vainas.

*Figura 2: Efecto de las dosis de biofertilizante sobre el crecimiento vegetativo*



**Fuente:** elaboración propia

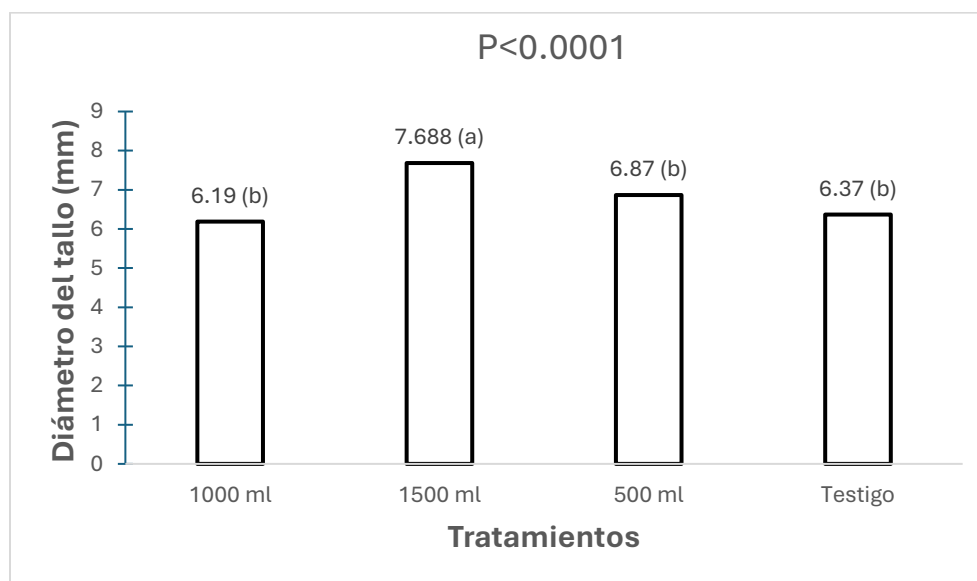
Al discutir estos resultados con otros trabajos de investigación, se encontrarán coincidencias importantes. Por ejemplo, García Rodríguez (2018), en Masaya, reportó que los bioles estimulaban significativamente la elongación del tallo en frijol común. Sin embargo, nuestro

estudio aporta un matiz interesante sobre la cantidad necesaria: observamos que las dosis de 500 ml (45.5 cm) y 1000 ml (46.2 cm) se comportaron estadísticamente igual, compartiendo la letra "b". Esto sugiere que aplicar dosis bajas o medias da el mismo resultado y que, para ver un salto real en el crecimiento de la variedad INTA Rojo en nuestra zona, es necesario llegar a la dosis de 1500 ml.

### 11.1.2. Diámetro de tallo

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a lo largo del tiempo (**Figura 4**). En este sentido la dosis de 1500 ml obtuvo el mayor valor promedio de crecimiento en la última fecha (50.50 cm de altura y 7.69 mm de diámetro), seguido de la dosis de 500 ml (6.87 mm), la de 1000 ml (6.19 mm) y por último el testigo que mantuvo los valores más bajos de desarrollo estructural durante todo el ciclo.

*Figura 3: Análisis del diámetro del tallo*



**Fuente:** elaboración propia

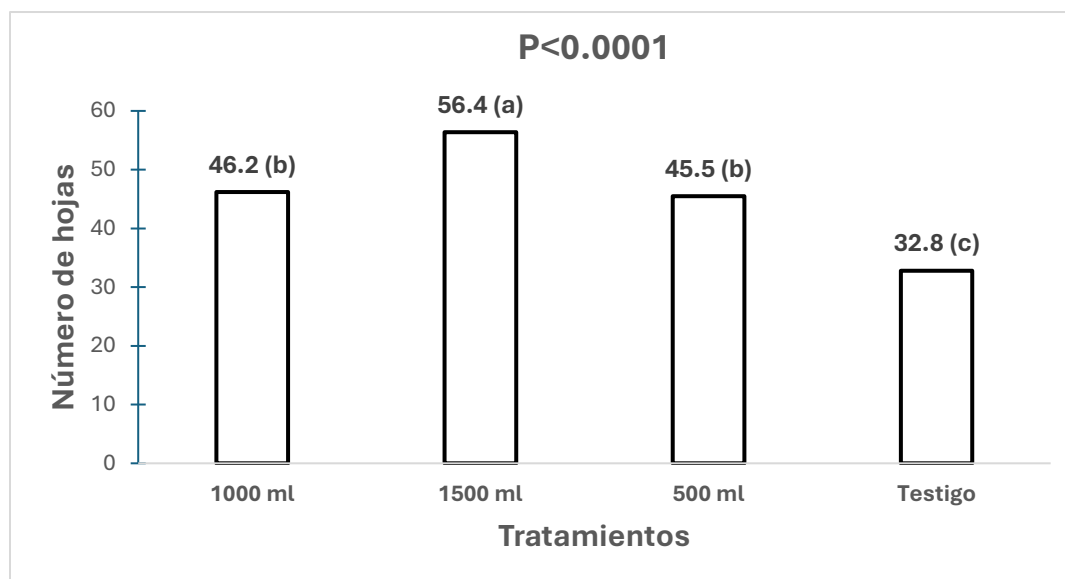
Los resultados obtenidos por (Rugama Arauz, 2021) revelan la importancia de la disponibilidad de nutrientes durante la fase de elongación rápida del tallo, donde la planta incrementa su demanda metabólica. Donde (Flores Pacheco et al., 2019) el frijol INTA Rojo en condiciones de trópico húmedo manifiesta una alta sensibilidad a las variaciones del

entorno, registrándose en nuestro estudio que el salto de crecimiento significativo ocurrió entre la segunda y tercera medición, momento en el cual la dosis alta logró suplir los requerimientos fisiológicos que las dosis menores no pudieron cubrir.

### 11.1.3. Número de hojas

El análisis estadístico para la variable número de hojas arrojó diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados (Figura 3). De acuerdo con los datos, la dosis de (1500 ml) alcanzó el promedio superior con (56.4 hojas), superando al bloque conformado por (1000 ml = 46.2) y (500 ml = 45.5), dejando en último lugar al (Testigo = 32.8).

*Figura 4: Análisis de la cantidad del número de hojas*



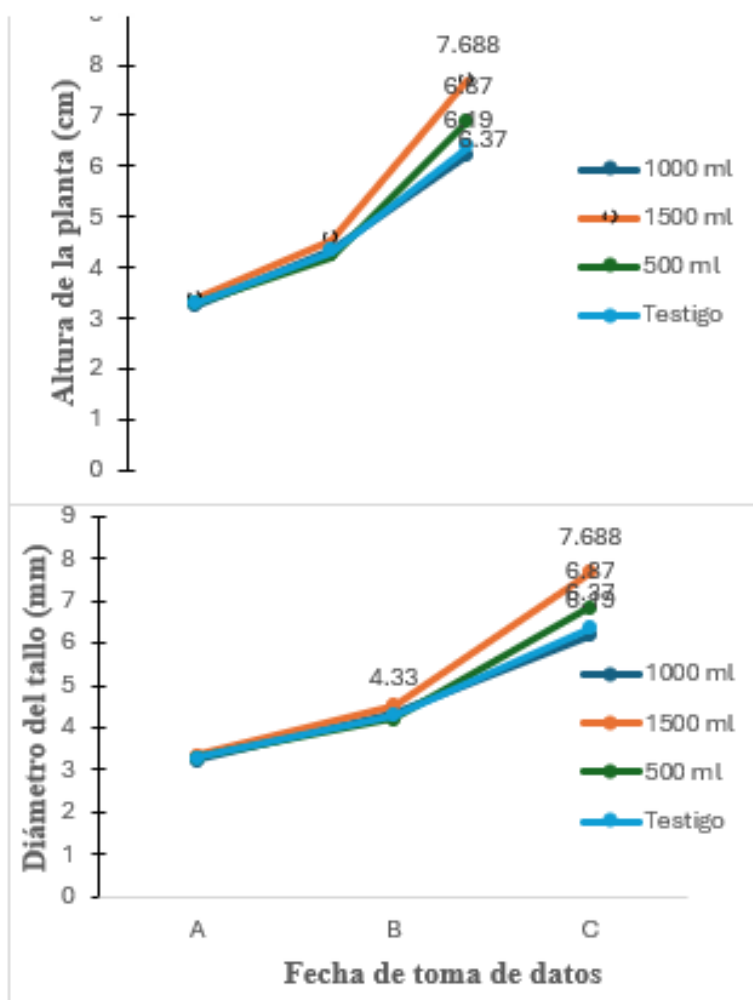
**Fuente:** elaboración propia

Lo observado coincide con (Campos et al., 2011) quienes señalan que la hoja trifoliada es la unidad fotosintética fundamental del frijol, determinando la capacidad de la planta para acumular reservas. Por su parte, (García Rodríguez, 2018) destaca que la fertilización orgánica líquida estimula la brotación vegetativa, sin embargo, en nuestro estudio se evidencia que las dosis bajas e intermedias no logran diferenciarse estadísticamente entre sí (grupo b), siendo la dosis alta la única que verdaderamente maximiza este indicador fisiológico.

#### 11.1.4. Comportamiento en el tiempo de altura de planta y diámetro del tallo

El análisis longitudinal de las variables de crecimiento mostró diferencias estadísticamente significativas a lo largo de las fechas de muestreo (Figura 4). En este sentido, el tratamiento de (1500 ml) exhibió una curva de crecimiento exponencial, iniciando en la Fecha A con valores basales similares al resto (Diámetro  $\approx$  3.3 mm), para luego mostrar un punto de inflexión en la Fecha B (4.33 mm) y culminar en la Fecha C con la máxima expresión vegetativa (7.69 mm). Por el contrario, los tratamientos de dosis bajas y el testigo mantuvieron una tendencia más lineal y aplanada, finalizando con valores de diámetro inferiores a (6.90 mm).

*Figura 5: Análisis del Comportamiento en el tiempo de altura de planta y diámetro del tallo*



Fuente: elaboración propia

Este comportamiento acumulativo ratifica lo descrito por (Rugama Arauz, 2021), quien sostiene que la suplementación nutricional en frijol es crítica durante la fase de elongación rápida, donde la demanda metabólica de la planta se dispara para formar estructura. Donde (Flores Pacheco et al., 2019) la variedad INTA Rojo en el trópico húmedo responde a estos estímulos tardíos, evidenciándose en nuestro estudio que el "despegue" real del cultivo no ocurrió al inicio, sino entre la segunda y tercera medición, momento en el cual la dosis alta logró satisfacer los requerimientos fisiológicos para el engrosamiento del tallo y la elongación final.

## **11.2. Incidencias de plagas y enfermedades**

El monitoreo fitosanitario no evidenció diferencias estadísticamente significativas en la severidad del daño foliar entre los tratamientos evaluados. En este sentido, tanto el (Testigo) como la dosis de (500 ml) presentaron el mayor promedio de hojas afectadas (11.9), seguidos muy de cerca por la dosis de (1500 ml = 11.4) y finalmente la dosis de (1000 ml = 10.8), confirmándose una incidencia homogénea de gusano medidor (Lepidoptera) en todo el ensayo

*Figura 6: Evidencia de afectación de plantas*



**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 3:** Incidencia de Daño Foliar por Gusano Medidor según Dosis de Biofertilizante

Dosis	Media de hojas dañadas	E.E.	Interpretación
Testigo	11.9	0.82	Incidencia moderada
500 ml	11.9	0.82	Incidencia moderada
1000 ml	10.8	0.66	Incidencia moderada
1500 ml	11.4	0.88	Incidencia moderada

Los resultados obtenidos coinciden con lo estipulado por (INTA, 2024), donde se aclara que la nutrición bio-orgánica no actúa necesariamente como un repelente químico de insectos defoliadores, sino que fortalece la respuesta fisiológica de la planta. Donde (Rugama Arauz, 2021) una planta bien nutrida posee mayor capacidad de compensación ante el daño mecánico, lo cual explica por qué, a pesar de tener el mismo nivel de infestación que el testigo, el tratamiento de 1500 ml logró sostener su capacidad productiva gracias a su mayor vigor vegetativo.

### 11.3. Componente del Rendimiento

El análisis estadístico de los componentes del rendimiento reveló diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos para todas las variables evaluadas (Tabla 4). De manera consistente, la dosis de (1500 ml) se posicionó en el rango superior (Grupo A) obteniendo los promedios más altos: (19 vainas/planta), (5.3 granos/vaina), un peso de (25.1 g por 100 semillas) y un rendimiento final de (1054 kg/ha). Este tratamiento superó estadísticamente a las dosis de (1000 ml) y (500 ml), las cuales formaron grupos intermedios (B y C respectivamente), dejando al (Testigo) con el desempeño productivo más bajo en todas las categorías, alcanzando apenas (412 kg/ha)<sup>1</sup>.

**Tabla 4:** Medias, significancia y grupos de separación de medias (Tukey) para las variables de rendimiento evaluadas

Variable	Dosis	Media	Significancia	Grupo Tukey (5%)
<b>Número de vainas por planta</b>	Testigo	10.5	<b>p &lt; 0.0001</b>	D
	500 ml	12.4		C
	1000 ml	16.5		B
	1500 ml	19		A
<b>Número de granos por vaina</b>	Testigo	4.2	<b>p &lt; 0.0001</b>	D
	500 ml	4.6		C
	1000 ml	5		B
	1500 ml	5.3		A
<b>Peso de 100 granos (g)</b>	Testigo	22.5	<b>p &lt; 0.0001</b>	D
	500 ml	23		C
	1000 ml	24.2		B
	1500 ml	25.1		A
<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	Testigo	412	<b>p &lt; 0.0001</b>	D
	500 ml	545		C
	1000 ml	829		B
	1500 ml	1054		A

Lo anterior ratifica los hallazgos de (Rodríguez Peralta, 2022), quien sostiene que existe una relación proporcional entre la concentración de inoculantes biológicos y la formación de estructuras reproductivas, impactando directamente en el número de vainas y el peso de la semilla. Donde (García Rodríguez, 2018) la aplicación de bioles favorece el llenado de grano gracias al aporte de microelementos; esto se evidenció en nuestra investigación, donde la dosis alta no solo generó más vainas, sino granos más pesados, logrando duplicar el rendimiento respecto al manejo convencional.

## 12. Conclusiones

La evaluación del crecimiento vegetativo determinó que la suplementación nutricional con la dosis de 1500 ml fue el tratamiento más efectivo para modificar la arquitectura de la planta. Esta dosis generó la mayor respuesta fisiológica, alcanzando una altura promedio de 60.20 cm y una producción de biomasa foliar de 56.4 hojas, superando estadísticamente ( $p < 0.0001$ ) al testigo y a las dosis intermedias, las cuales no lograron romper el umbral de crecimiento basal del cultivo.

En cuanto a la sanidad del cultivo, se comprobó que el biofertilizante no posee propiedades insecticidas ni repelentes sobre el gusano medidor (Lepidoptera), dado que la incidencia de daño foliar fue homogénea en todos los tratamientos (promedios entre 10.8 y 11.9 hojas afectadas). Sin embargo, se evidenció un efecto de tolerancia fisiológica: las plantas nutridas con la dosis alta lograron compensar la pérdida de área foliar mediante un vigor vegetativo superior, sosteniendo su ciclo productivo a diferencia del testigo, que mostró menor capacidad de recuperación.

El análisis de los componentes del rendimiento validó la eficacia agronómica de la biofertilización intensiva. La aplicación de 1500 ml maximizó la formación de estructuras reproductivas, logrando promedios de 19 vainas por planta y un peso de 25.1 g por 100 semillas. Esto se tradujo en un rendimiento final de 1,054 kg/ha, lo cual representa un incremento superior al 150 % respecto al manejo convencional (412 kg/ha), confirmando la rentabilidad de la tecnología.

Se concluye que existe una relación dosis-respuesta positiva y directa en la variedad INTA Rojo bajo las condiciones edafoclimáticas de San Sebastián de Yalí. La investigación valida técnicamente el uso de la dosis de 1500 ml como una estrategia sostenible y necesaria para duplicar los rendimientos en zonas de ladera, reduciendo la brecha productiva ocasionada por la degradación de los suelos.

### **13.Recomendaciones**

**A los productores:** Implementar la dosis de 1500 ml de biofertilizante por bomba de 20 litros como estándar de manejo, ya que fue la única concentración que logró superar las limitaciones de fertilidad del suelo y expresar el potencial genético (arquitectura y llenado de grano) de la variedad INTA Rojo.

**Sobre el manejo fitosanitario:** Mantener el esquema de biofertilización como estrategia de tolerancia fisiológica frente a plagas defoliadoras. Aunque el insumo no actúa como insecticida, su aporte nutricional permite al cultivo compensar la pérdida de área foliar y sostener el rendimiento sin depender de agroquímicos de choque.

**A la Academia e INTA:** Dar continuidad a la investigación validando esta tecnología en el ciclo de Postrera para determinar su eficacia bajo condiciones de humedad residual, e incorporar un análisis económico (relación beneficio-costos) que certifique la rentabilidad financiera exacta para el pequeño agricultor

## 14.Referencias

- Alemán Martínez, M. d. (2021). *Fertilización orgánica y sintética en el crecimiento y rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L) en Masatepe, Masaya 2021*. Universidad Nacional Agraria UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/4536/1/tnf04a367f.pdf>
- Alemán Martínez, M. d., & Calero Narváez, L. A. (2022). *Fertilización orgánica y sintética en el crecimiento y rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L) en Masatepe, Masaya 2021*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/4536/1/tnf04a367f.pdf>
- Alpízar Marín, M. J. (2018). *Co-inoculación de Rhizobium (CIAT 639 y CIAT 899) y Azospirillum brasilense con y sin molibdeno en frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedades Nambí y Cabécar*. Universidad de Costa Rica. <https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/6bca090f-fd2d-4190-98e7-60f2bbcf36a1/content>
- Álvarez Ruíz, A. F. (2022). *Fijación biológica de nitrógeno en variedades mejoradas de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) mediante la técnica de dilución isotópica 15N*. Universidad Nacional Agraria (UNA). <https://repositorio.una.edu.ni/4496/1/tnp34a473f.pdf>
- Bermúdez Guerrero, K. G., & Gutiérrez Jara, A. A. (2015). *Análisis de Generación y Aplicación de las Innovaciones Tecnológicas en el*. Managua: UNAN-Managua. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/3885/1/7986.pdf>
- Caballero, A., Orts Gómez, J. M., López Rodríguez, J., Parrado Rubio, J., & Presas, L. M. (19 de 12 de 2024). Economía circular del suero de leche: bioproceso para su conversión en bioestimulantes y biofertilizantes agronómicos. *C3-Bioeconomy*, 5, 16. <https://doi.org/https://doi.org/10.21071/c3b.vi5.17754>
- Campos, G., García, M., Pérez, D., & Ramis, C. (2011). Respuesta de 20 variedades de caraota (*Phaseolus vulgaris L.*) ante el estrés por NaCl durante la germinación y en fase plantular. *Bioagro*, 23(3), 215-224. <https://doi.org/ISSN 1316-3361>
- Carballo Obando, E. A., & Flores Medina, D. S. (2022). *Fijación biológica de nitrógeno en tres variedades mejoradas de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) por el método de dilución isotópica de 15N en condiciones de invernadero*. Universidad Nacional Agraria (UNA). <https://repositorio.una.edu.ni/4511/1/tnp34c263.pdf>

- Costa da Silva, I., Ribeiro Rocha, P., Smiderle, O. J., da Silva Maia, S., Santiago Castro, T., Ferreira Barreto, G., & Maffei, M. (s.f.). PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE PLANTAS DE FRIJOL SOMETIDAS A DESECACIÓN POR HERBICIDAS EN DIFERENTES ETAPAS FENOLÓGICAS. *Revistas Uclave*, 35(1). <https://doi.org/http://www.doi.org/10.51372/bioagro351.1>
- El 19 Digital. (23 de 02 de 2023). *El 19 Digital*. <https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:136681-produccion-de-frijol-rojo-en-nicaragua-alcanza-48-millones-de-quintales-durante-el-2022>
- Expósito Pérez, R., & García Beltrán, N. (s.f.). COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CULTIVARES DE FRIJOL NEGRO (*PHASEOLUS VULGARIS*, L.) EN LA COOPERATIVA DE CRÉDITOS Y SERVICIOS “JOSÉ MANUEL RODRÍGUEZ” DEL MUNICIPIO JESÚS MENÉNDEZ. *Revista académica de economía latinoamericana*. <https://doi.org/ISSN 1696-8352>
- Fajardo Oporta, W. R., & Morales Lazo, D. S. (2023). *Evaluación de fertilizante sintético y orgánico en el crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.), Variedad rojo extrema sequía Centro Experimental las Mercedes, 2021*. Universidad Nacional Agraria UNA. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04f175.pdf>
- Ferrufino Coqueugniot, A. (2015). *Catálogo de variedades criollas y acriolladas de frijol y maíz seleccionadas en procesos de fi tomejoramiento participativo en la Región VI de Nicaragua (Matagalpa y Jinotega)*. INTA. <https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2023/11/Catalogo-de-variedades-criollas-maiz-y-frijol-Centro-Norte.pdf>
- Flores de la Cruz, M. J., García Esteva, A., García Nava, J. R., Kohashi Shibata, J., & Ybarra Moncada, M. C. (2018). Diferencias fenológicas, morfológicas y de componentes del rendimiento entre una forma silvestre y domesticada de frijol común. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(1), 137-147. <https://doi.org/https://doi.org/10.15174/au.2018.1760>
- Flores Pacheco, J. A., Lazo Sánchez, W. J., & Méndez Sevilla, J. J. (2019). Necesidades hídricas del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) INTA rojo en condiciones del trópico húmedo de Nicaragua. *La Calera*, 19(32), 8. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.5377/calera.v19i32.8436>
- Flores Pacheco, J. A., Lazo Sánchez, W. J., & Méndez Sevilla, J. J. (2019). Necesidades hídricas del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) INTA rojo en condiciones del trópico

húmedo de Nicaragua. *La Calera*, 19(32), 16-23.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.5377/calera.v19i32.8436>

Flores Pacheco, J. A., Lazo Sánchez, W. J., & Méndez Sevilla, J. J. (2019). Necesidades hídricas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) INTA rojo en condiciones del trópico húmedo de Nicaragua. *La Calera*, 19(32), 8.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.5377/calera.v19i32.8436>

García Rodríguez, J. E. (2018). *Efecto de tres dosis de Biol en el cultivo de frijol común (Phaseolus vulgaris L.), cv. INTA Fuerte Sequía en la finca El Plantel, Masaya 2017*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/3676/1/tnf04g216e.pdf>

Gil Ramírez, L. A., Leiva Cabrera, F. A., Lezama Escobedo, M. K., & Bardales Vásquez, C. B. (2023). Biofertilizante “biol”: caracterización física, química y microbiológica. *Revista de investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 7(20), 10.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.219>

González Salas, U., Gallegos Robles, M. Á., Preciado Rangel, P., García Carrillo, M., Rodríguez Hernández, M. G., García Hernández, J. L., & Guzmán Silos, T. L. (2021). Efecto de fuentes de nutrición orgánicas e inorgánicas mezcladas con biofertilizantes. *Terra Latinoamericana*, 39. <https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.904>

Granito, M., Guinand, J., & Pérez, D. (2006). Composición química y nutricional de variedades phaseolus vulgaris cultivadas en Venezuela. *Agronomía Tropical*, 56(4).  
[https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2006000400007&lng=es&tlng=es](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000400007&lng=es&tlng=es)

InfoAgronomo. (29 de 04 de 2022). *InfoAgronomo*.  
<https://infoagronomo.net/biofertilizantes-fermentados-estiercol-de-bovinos/>

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). (10 de 12 de 2024).  
<https://inta.gob.ni/> <https://inta.gob.ni/resultados-de-evaluacion-del-uso-de-inoculantes-biologicos-en-la-produccion-del-cultivo-del-frijol/>

INTA. (2023). *Frijol Nutritivo y Rendidor*. INTA. <https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2023/11/Frijol-Nutritivo-y-Rendidor.pdf>

INTA. (2024). *Catálogo de Alternativas Biológicas para el Manejo de Plagas Enfermedades y Mejora de la Fertilidad de los Cultivos*. INTA. <https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2024/09/Cata%CC%81logo-de-Alternativas-Biolo%CC%81gicas->

para-el-Manejo-de-Plagas-Enfermedades-y-Mejora-de-la-Fertilidad-de-los-Cultivos.pdf

INTA Nicaragua. (2023). *INTA-Centro Sur*. INTA. <https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2023/11/Frijol-Rojo-INTA-Centro-Sur.pdf>

INTA Nicaragua. (2023). *Los fertilizante y su uso*. FAO. <https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2023/11/Los-fertilizantes-y-su-uso-FAO.pdf>

INTA Nicaragua. (2023). *Variedad de Frijol INTA-Sequía Precoz*. INTA. <https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2023/11/Frijol-Rojo-INTA-Sequia-Precoz.pdf>

INTA Nicaragua. (18 de 11 de 2024). *inta.gob.ni*. <https://inta.gob.ni/tecnicas-de-manejo-de-plagas-y-enfermedades-que-afectan-el-cultivo-de-frijol/>

INTA Nicaragua. (15 de 05 de 2025). *inta.gob.ni*. <https://inta.gob.ni/tecnicas-que-mejoran-la-disponibilidad-de-nutrientes-en-el-suelo-en-el-cultivo-de-frijol/>

INTA Nicaragua. (15 de 05 de 2025). *inta.gob.ni*. <https://inta.gob.ni/tecnicas-que-mejoran-la-disponibilidad-de-nutrientes-en-el-suelo-en-el-cultivo-de-frijol/>

INTA Nicaragua. (19 de 07 de 2025). *MAPA Recursos Fitogenéticos*. <https://sitemaps.inta.gob.ni/mapsemillacriollas/mapavariedadescrionas.html>

INTA-Nicaragua. (2023). *Frijol Biofortificado*. <https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2023/11/Frijol-Biofortificado.pdf>

Lacayo, M. (06 de 02 de 2023). *CENIDA*. Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria: <https://cenida.una.edu.ni/index.php/2023/02/06/produccion-de-frijol-rojo-en-nicaragua-alcanza-4-8-millones-de-quintales-durante-el-2022/>

*Mapa Variedades Criollas*. (19 de 07 de 2025). <https://sitemaps.inta.gob.ni/mapsemillacriollas/mapavariedadescrionas.html>

Mejía Bermúdez, Y., Álvarez Arroyo, M., & Luna Bello, G. (2011). Efectividad de un biofertilizante foliar sobre el cultivo de frijol común (*Phaseolus Vulgaris*), Bluefields, RAAS. *Ciencia e Interculturalidad*, 8(1), 128-140. <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/rci.v8i1.568>

Mota Pacheco, L., Guadarrama Mendoza, P., Salas Coronado, R., Escalante, A., Montville, T., & Valadez Blanco, R. (2019). ADAPTACIÓN DE *Bacillus licheniformis* A

MELAZAS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE UNA CEPA BIOFERTILIZANTE. *Agrocencia*, 53(8), 20. <https://agrocencia-colpos.org/index.php/agrocencia/article/view/1869>

Munguía Pérez, J. F. (2017). *Efecto de dos alternativas de fertilización (orgánica foliar y química foliar) sobre la producción de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en Jinotepe, Carazo*. Carazo: Universidad Internacional Antonio Valdivieso (UNIAV). <http://repositorio.uniav.edu.ni/33/1/biol%20en%20frijoles.pdf>

Reyes Gómez, E. F. (2023). *Caracterización fenotípica de ocho genotipos de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) provenientes de una población criolla Polón, época seca, 2021*. Universidad Nacional Agraria. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30r457c.pdf>

Rivera Garamendi, Á. S. (2023). *Inoculación de semillas con Rhizobium phaseoli en la producción de frijol canario (Phaseolus vulgaris L.), Ocobamba, Chincheros, Apurímac 2019*. Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria. <https://repositorio.unsm.edu.pe/item/5b4f95f7-b97a-4c85-9fe8-5f860d16b406>

Rodríguez Peralta, J. C. (2022). *Efecto de la inoculación de cepas de Rhizobium eficientes en la fijación biológica de nitrógeno sobre los parámetros de rendimiento de Phaseolus vulgaris “frijol común” var. Panamito bajo condiciones de campo en el sector Aucaloma*. Tarapoto, Perú: Escuela Profesional de Agronomía. <https://doi.org/https://orcid.org/0009-0001-5370-6969>

Rugama Arauz , J. J. (2021). *Evaluación de diferentes fertilizantes en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.), Variedad Rojo Extrema Sequía, Centro Experimental las Mercedes, 2020*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/4420/1/tnf04r928g.pdf>

Ruiz Obando, L. (2023). *Diplomado Tecnologías para mejorar la producción y productividad agropecuaria en tecnologías de producción agropecuarias*. Universidad Nacional Agraria UNA. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF04R934.pdf>

Solis Puerto, P. A. (2005). *EFEECTO DE SECUENCIAS DE CULTIVOS Y SISTEMAS DE LABRANZA SOBRE LA DINÁMICA DE ARVENSES Y EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL FRIJOL COMUN (Phaseolus vulgaris L.). EVALUACIÓN DE TRES AÑOS DE ESTUDIO*. Universidad Nacional Agraria. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf08s687.pdf>

Suárez Pascua, E. C., & Solís Rodríguez, E. J. (2006). *CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DE 24 LÍNEAS DE FRIJOL COMÚN (Phaseolus vulgaris L.) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL “LA COMPAÑÍA”, CARAZO*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/1985/1/tnf30s939.pdf>

Tello García, B. A. (2018). *Evaluación del rendimiento de dos variedades de frijol al aplicar diferentes concentraciones de biol de cerdo como fertilizante orgánico*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/e11b1e23-e395-4d27-bfa5-73a2037d4e63/content>

## **15.Anexos**

### **15.1. Instrumentos evaluación**

#### **15.1.1. Guía de Observación Directa Sistemática**



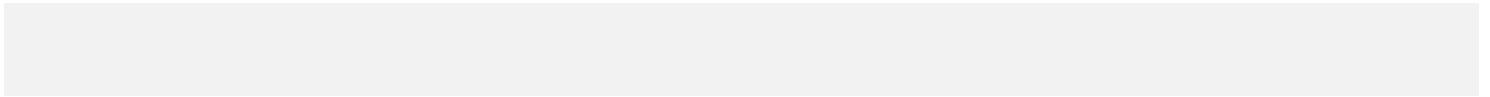
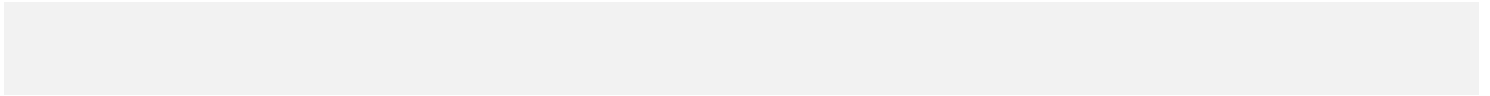
Como parte del proceso de elaboración del seminario de graduación para optar al título de Ingeniero en Ingeniería Agronómica, es necesario obtener información de fuente primaria que permita documentar de manera precisa las etapas de crecimiento del cultivo. En este sentido, la observación directa sistemática se aplicará en la Finca Buenos Aires, ubicada en la comunidad de San Sebastián de Yalí, Jinotega, donde se desarrolla la investigación titulada “Evaluación fenológica del frijol INTA Rojo con distintas dosis de biofertilizante”. Este instrumento permitirá registrar de forma ordenada las características fenológicas y el comportamiento del cultivo bajo las diferentes dosis de biofertilizante durante el ciclo productivo.

#### **Objetivo del instrumento**

Registrar de manera ordenada y periódica las variables fenológicas y morfológicas del frijol INTA Rojo bajo estudio, para facilitar el análisis comparativo entre tratamientos con distintas dosis de biofertilizante.

## I. Desarrollo

<b>Fecha</b>	<b>Dosis de biofertilizante (ml/L)</b>	<b>Etapa fenológica</b>	<b>Altura promedio (cm)</b>	<b>N° de ramas/planta</b>	<b>Estado general del follaje</b>	<b>Observaciones adicionales</b>
--------------	--	-----------------------------	-------------------------------------	-------------------------------	---	--------------------------------------



### 15.1.2. Registro Fotográfico de Etapas Fenológicas



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Como parte del proceso de elaboración del seminario de graduación para optar al título de Ingeniero en Ingeniería Agronómica, de la UNAN-Managua, CUR-Estelí, se implementará un registro fotográfico sistemático para documentar visualmente las etapas fenológicas del frijol INTA Rojo bajo distintas dosis de biofertilizante. Este instrumento servirá como respaldo visual a los datos obtenidos mediante observación y medición, aportando evidencia del desarrollo del cultivo durante las fases de emergencia, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración.

#### Objetivo del instrumento

Generar un archivo fotográfico que respalde las observaciones de campo y permita la comparación visual del desarrollo fenológico del cultivo en cada tratamiento.

#### Datos generales

Nombre del fotógrafo: \_\_\_\_\_

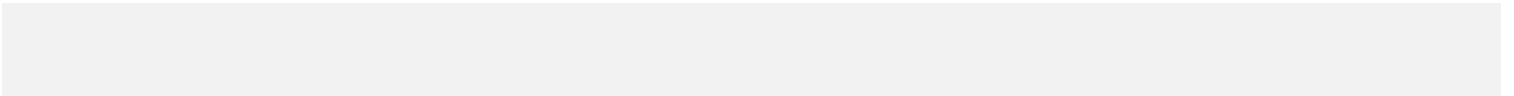
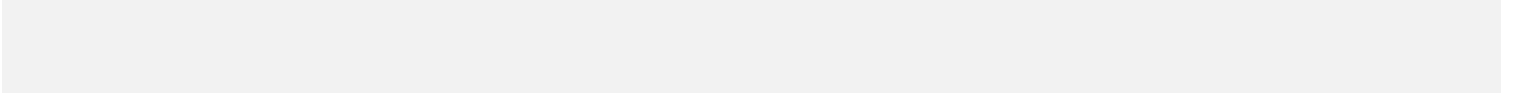
Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Lugar: \_\_\_\_\_

Tratamiento fotografiado: \_\_\_\_\_

## **I. Desarrollo**

<b>Fecha</b>	<b>Etapas fenológicas</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Código de imagen</b>	<b>Breve descripción de la fotografía</b>
--------------	---------------------------	--------------------	-------------------------	---



### 15.1.3. Hoja de Medición de Variables Agronómicas



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Como parte del levantamiento de información primaria para la investigación “Evaluación fenológica del frijol INTA Rojo con distintas dosis de biofertilizante en la Finca Buenos Aires”, se empleará una hoja de medición para registrar datos cuantitativos relacionados con altura de planta, número de ramas y días hasta la floración. Este instrumento permitirá correlacionar de manera directa los valores medidos con las dosis aplicadas, facilitando el análisis estadístico posterior.

#### **Objetivo del instrumento**

Obtener datos precisos y comparables de las variables morfológicas clave en el cultivo de frijol INTA Rojo bajo cada tratamiento de biofertilizante.

#### **Datos generales**

**Nombre del encargado de medición:** \_\_\_\_\_

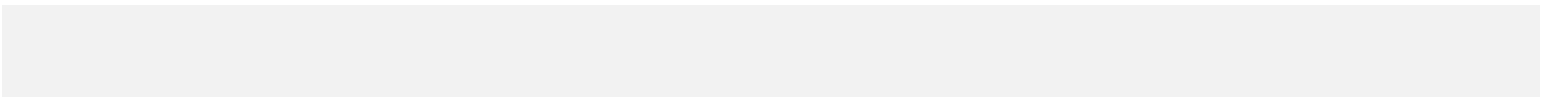
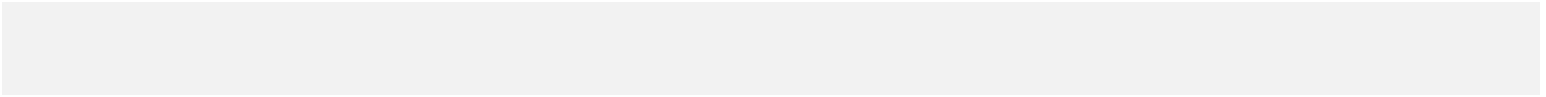
**Fecha:** \_\_\_\_\_ **Hora:** \_\_\_\_\_

**Lugar:** \_\_\_\_\_

**Tratamiento:** \_\_\_\_\_

## I. Desarrollo

<b>Parcela</b>	<b>Dosis de biofertilizante (ml/L)</b>	<b>N° de planta</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>N° de ramas</b>	<b>Días a floración</b>	<b>Observaciones</b>
----------------	--	-------------------------	------------------------	------------------------	-----------------------------	----------------------



## 15.2. Evidencias

*Figura 7: Proceso de siembra*



*Figura 8: Ingredientes del biofertilizante*



*Figura 9: Proceso de elaboración del biofertilizante.*



*Figura 10: Preparación de aplicación de dosis de biofertilizante.*



*Figura 11: Aplicación del biofertilizante.*



*Figura 12: Selección de plantas*



*Figura 13: Recolección de datos.*



*Figura 14: Medición de plantas.*



**Figura 15:** Proceso de medición de tallos por medio de Pie de rey.



**Figura 16:** Etapa de floración de la planta.



**Figura 17:** Inicio de producción.



**Figura 18:** Conteo de producción por vaina.



*Figura 19: Proceso de aporreo.*



*Figura 20: Proceso de peso*





*¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!*



