

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

**RESPUESTA A LA INOCULACION DE Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli
EN 4 VARIETADES DE FRIJOL NEGRO (Phaseolus vulgaris L.) CON POTENCIAL
DE COMERCIALIZACION EN EL ALTIPLANO CENTRAL**

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

JOSE ROMEO QUIÑONEZ MORALES

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(1643)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

- | | |
|----------------|---|
| DECANO: | Ing. Agr. JOSE ROLANDO LARA ALECIO |
| VOCAL PRIMERO: | Ing. Agr. JUAN JOSE CASTILLO MONT |
| VOCAL SEGUNDO: | Ing. Agr. WILLIAM ESCOBAR LOPEZ |
| VOCAL TERCERO: | Ing. Agr. CARLOS ROBERTO MOTTA |
| VOCAL CUARTO: | P.A. HENRY ESTUARDO ESPAÑA |
| VOCAL QUINTO: | Br. MYNOR JOAQUIN BARRIOS OCHAETA |
| SECRETARIO: | Ing. Agr. GUILLERMO EDILBERTO MENDEZ BETETA |

Guatemala, Noviembre de 1996.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Distinguidos Señores:

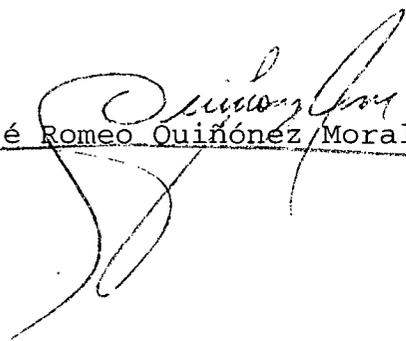
De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de ustedes, el trabajo de tesis titulado:

"RESPUESTA A LA INOCULACION DE Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli EN 4 VARIEDADES DE FRIJOL NEGRO (Phaseolus vulgaris L.) CON POTENCIAL DE COMERCIALIZACION EN EL ALTIPLANO CENTRAL"

Como requisito previo a optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo de investigación llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato presentarles las muestras de mi más alta consideración.

Respetuosamente,


José Romeo Quiñónez Morales.

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS NUESTRO SEÑOR	Supremo creador fuente de virtud y sabiduría.
MIS PADRES	José Antonio Quiñónez Tobar. María Miriam Morales Juárez. Por todo su amor, esfuerzos y sacrificios, para ver culminado en este acto sus ilusiones.
MIS HERMANOS	Agradeciéndoles los estímulos y el apoyo recibido.
MI HERMANA	Gloria Francisca (Q.E.P.D.) Que despierte tan solo un instante de su sueño eterno para acompañarme en mis momentos felices.
MI ESPOSA	Olga Dalila de la Cruz A. Como una muestra de amor.
MI HIJA	Gabriela María Como un ejemplo que algún día sabrá superarlo.
MIS ABUELITOS	Como una oración para su vida eterna.
MI TIA	Berta Morales Por el cariño y consejos brindados.
LA FAMILIA DE LA CRUZ	Por su comprensión.
MIS SOBRINOS	Con especial cariño.
MIS CUÑADOS	Con afecto sincero.
MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS	Como recuerdo de las experiencias compartidas y muestra de amistad.
USTED	Especialmente.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

TESIS QUE DEDICO

A:

Mi patria Guatemala.

Patzícia, pedacito de tierra fría que me
vió nacer.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Facultad de Agronomía.

Gloriosa, Centenaria e Inmortal Escuela
Normal Central Para Varones.

Todas aquellas personas que de una u otra
manera contribuyeron para la realización
de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis Asesores Ing. Agr. Rolando Gustavo Aguilera Mejía, profesor de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala; Ing. Agr. Juan José Soto, Investigador del Programa de Frijol del ICTA de Chimaltenango; por el incalculable apoyo brindado y dedicación en la asesoría para el desarrollo de esta tesis.

Personal del programa de frijol de la estación experimental del ICTA de Chimaltenango y agricultores del municipio de Patzúncia, por la ayuda recibida durante la etapa de campo.

INDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
1. INTRODUCCION.....	1
2. JUSTIFICACION.....	3
3. MARCO TEORICO.....	4
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	4
3.1.1 FIJACION SIMBIOTICA DEL NITROGENO.....	4
3.1.2 ECOLOGIA GENERAL DEL RHIZOBIUM.....	6
3.1.3 IMPORTANCIA DE LAS LEGUMINOSAS Y LA ASOCIACION CON RHIZOBIUM	6
3.1.4 FISIOLOGIA DE LA FIJACION DEL NITROGENO POR EL RHIZOBIUM.....	7
3.1.5 SELECTIVIDAD Y ESPECIFICIDAD.....	8
3.1.6 EFECTIVIDAD DE LA FIJACION SIMBIOTICA.....	9
3.1.7 FACTORES LIMITANTES EN LA FIJACION BIOLOGICA DE N ₂	10
3.1.7.1 Humedad del suelo.....	10
3.1.7.2 Temperatura.....	11
3.1.7.3 pH del suelo.....	12
3.1.7.4 Efecto de las sustancias químicas.....	13
3.1.8 IMPORTANCIA DE LA INOCULACION EN DIFERENTES CONDICIONES AMBIENTALES.....	13
3.2 MARCO REFERENCIAL.....	14
3.2.1 Localización de los ensayos.....	14
3.2.2 Características climatológicas.....	15
3.2.3 Condiciones edáficas de la región.....	15
3.2.4 Localización y características edáficas de los sitios experimentales.....	16
3.2.5 Material experimental.....	16
3.2.5.1 Variedades de frijol.....	16
A. ICTA-San Martín.....	16
B. ICTA-Altense.....	17
C. ICTA-Hunapú.....	17
D. ICTA-Texel.....	17
3.2.5.2 Inoculante.....	17
A. Cepa CIAT - 57.....	17
B. Cepa CIAT - 151.....	18
C. Cepa CIAT - 632.....	18
3.3 ANTECEDENTES.....	18
4. OBJETIVOS.....	20

5.	HIPOTESIS.....	21
6.	METODOLOGIA.....	22
	6.1 Factores evaluados.....	22
	6.2 Tratamientos.....	22
	6.3 Diseño experimental.....	22
	6.4 Modelo estadístico.....	23
	6.5 Area experimental.....	23
	6.6 Variables respuesta.....	23
	6.6.1 En floración.....	23
	6.6.2 En la cosecha.....	24
	6.7 Manejo del experimento.....	24
	6.7.1 Preparación del terreno.....	24
	6.7.2 Desinfección del suelo.....	24
	6.7.3 Fertilización.....	25
	6.7.4 Siembra.....	25
	6.7.5 Control de malezas.....	25
	6.7.6 Control de plagas y enfermedades.....	26
	6.7.7 Cosecha.....	26
	6.8 Análisis de la información.....	26
7.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	27
	7.1 Resultados.....	27
	7.2 Discusión de resultados.....	32
	7.2.1 Número, peso y volumen de nódulos.....	33
	7.2.2 Peso de materia seca.....	34
	7.2.3 Rendimiento de grano.....	36
	7.2.4 Interpretación general de resultados.....	37
	7.2.5 Análisis económico.....	38
8.	CONCLUSIONES.....	40
9.	RECOMENDACIONES.....	41
10.	BIBLIOGRAFIA.....	42
11.	APENDICE.....	45

INDICE DE FIGURAS

1A.	Unidad experimental y área del experimento.....	46
2A.	Localización geográfica de las áreas experimentales.....	47

INDICE DE CUADROS

	PAGINA
Cuadro 1. Características climatológicas de las localidades donde se ubicaron los experimentos.....	15
Cuadro 2. Valores promedio para medir efectos de inoculación en la variable número de nódulos de 10 plantas, en las localidades Chimaltenango y Patzícia.....	27
Cuadro 3. Valores promedio para medir efectos de inoculación en la variable peso de nódulos (grs) de 10 plantas, en las localidades Chimaltenango y Patzícia.....	28
Cuadro 4. Valores promedio para medir efectos de inoculación en la variable volumen de nódulos (cc) de 10 plantas, en las localidades Chimaltenango y Patzícia.....	29
Cuadro 5. Valores promedio para medir efectos de inoculación en la variable materia seca (Kg/ha) de 10 plantas, en las localidades Chimaltenango y Patzícia.....	30
Cuadro 6. Valores promedio para medir efectos de inoculación en la variable rendimiento de grano (Kg/ha), en las localidades Chimaltenango y Patzícia.....	31
Cuadro 7. Resumen de los resultados de los análisis de varianza efectuados a cuatro variedades de frijol negro, inoculadas con <u>Rhizobium</u> en las localidades Chimaltenango y Patzícia.....	32
Cuadro 8. Comparación de medias para la variable número, peso y volumen de nódulos de 10 plantas, con y sin inoculante, en las localidades Chimaltenango y Patzícia.....	33
Cuadro 9. Prueba multiple de medias practicado a la variable materia seca, entre cepas de <u>Rhizobium</u> en las localidades Chimaltenango y Patzícia.....	34
Cuadro 10. Prueba multiple de medias practicado a la variable materia seca (Kg/ha), entre variedades de frijol en las localidades Chimaltenango y Patzícia.....	35
Cuadro 11. Prueba de medias de TUKEY practicado a la variable rendimiento de grano (Kg/ha) al 14 % de humedad, entre cepas de <u>Rhizobium</u> en las localidades Chimaltenango y Patzícia.....	36
Cuadro 12. Prueba de medias de TUKEY practicado a la variable rendimiento de grano (Kg/ha) al 14 % de humedad, entre variedades de frijol en las localidades Chimaltenango y Patzícia.....	37

Cuadro 13.	Rentabilidad de las diferentes variedades de frijol negro con inoculante y sin inoculante, evaluadas en las localidades Chimaltenango y Patz'icia.....	39
Cuadro 14A.	Datos de campo para las variables respuesta en el ensayo de respuesta a la inoculación de <u>Rhizobium</u> , en cuatro variedades de frijol negro, Chimaltenango. 1995.....	48
Cuadro 15A.	Datos de campo para las variables respuesta en el ensayo de respuesta a la inoculación de <u>Rhizobium</u> , en cuatro variedades de frijol negro, Patz'icia. 1995.....	49
Cuadro 16A.	ANDEVA para la variable número de nódulos a la floración de 10 plantas, Chimaltenango.....	50
Cuadro 17A.	ANDEVA para la variable peso de nódulos a la floración de 10 plantas (grs), Chimaltenango.....	50
Cuadro 18A.	ANDEVA para la variable volumen de nódulos a la floración de 10 plantas (cc), Chimaltenango.....	50
Cuadro 19A.	ANDEVA para la variable materia seca a la floración de 10 plantas (Kg/ha), Chimaltenango.....	51
Cuadro 20A.	ANDEVA para la variable rendimiento de grano (Kg/ha) al 14 % de humedad, Chimaltenango.....	51
Cuadro 21A.	ANDEVA para la variable número de nódulos a la floración de 10 plantas, Patz'icia.....	51
Cuadro 22A.	ANDEVA para la variable peso de nódulos a la floración de 10 plantas (grs), Patz'icia.....	52
Cuadro 23A.	ANDEVA para la variable volumen de nódulos a la floración de 10 plantas (cc), Patz'icia.....	52
Cuadro 24A.	ANDEVA para la variable materia seca a la floración de 10 plantas (Kg/ha), Patz'icia.....	52
Cuadro 25A.	ANDEVA para la variable rendimiento de grano (Kg/ha) al 14 % de humedad, Patz'icia.....	53
Cuadro 26A.	Cantidad de insumos que se utilizó en cada localidad para el ensayo del cultivo de frijol.....	54
Cuadro 27A.	Análisis económico en el ensayo de respuesta a la inoculación de <u>Rhizobium leguminosarum</u> biovar <u>phaseoli</u> en 4 variedades de frijol negro (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en la localidad Chimaltenango.....	55
Cuadro 28A.	Análisis económico en el ensayo de respuesta a la inoculación de <u>Rhizobium leguminosarum</u> biovar <u>phaseoli</u> en 4 variedades de frijol negro (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en la localidad Patz'icia.....	56

RESPUESTA A LA INOCULACION DE Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli EN 4 VARIETADES DE FRIJOL NEGRO (Phaseolus vulgaris L.) CON POTENCIAL DE COMERCIALIZACION EN EL ALTIPLANO CENTRAL.

ANSWER TO THE INOCULATION OF Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli IN FOUR VARIETIES OF BLACK BEAN (Phaseolus vulgaris L.) WITH POTENTIAL OF COMMERCIALIZATION IN THE CENTRAL HIGH LAND OF GUATEMALA.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el fin de establecer los efectos de la mezcla de 3 cepas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli (CIAT 57, CIAT 151 y CIAT 632), en la fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico en 4 variedades de frijol negro: ICTA-San Martín, ICTA-Altense, ICTA-Hunapú e ICTA-Texel, del Programa del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, expresados en características de nodulación y rendimiento de grano.

La investigación se efectuó en las localidades del Centro Experimental del ICTA de Chimaltenango a 14° 39' 38" Latitud Norte y 90° 49' 08" Longitud Oeste, a una altura de 1776 msnm y una temperatura de 18 °C; y en la localidad de Patzicia a 14° 37' 56" Latitud Norte y 90° 55' 36" Longitud Oeste, a una altura de 2240 msnm y una temperatura de 16.5 °C; durante los meses de Junio a Octubre de 1,995, estableciendose un diseño de bloques al azar con arreglo combinatorio 2 X 4, con cuatro repeticiones, se realizó también un análisis de varianza para cada una de las variables estudiadas.

Los parámetros utilizados para evaluar los efectos de la inoculación fueron: rendimiento de grano, peso de materia seca de planta, peso, número y volumen de nódulos, además se efectuó un análisis de rentabilidad a los tratamientos en las dos localidades.

Los resultados mostraron que las variedades inoculadas fueron estadísticamente superiores en: rendimiento de grano, materia seca de planta, número, peso y volumen de nódulos. Esto nos demuestra que existió mayor capacidad de las cepas del inóculo de nodular y por ende fijar más el nitrógeno atmosférico, que cuando sólo se utilizaron las bacterias nativas

(testigo); y aún más, que con estas cepas se puede obtener un ahorro de los fertilizantes nitrogenados.

En ambas localidades los tratamientos inoculados mostraron un significativo ingreso económico, al compararse con las variedades que no fueron inoculadas.

1. INTRODUCCION

Guatemala es un país que se considera, centro de origen del frijol (Phaseolus vulgaris L.), lo que garantiza que exista una gran diversidad de variedades de esta especie intimamente ligada al fenómeno simbiótico de fijación de nitrógeno leguminosa - planta (9).

El frijol, como otras leguminosas vive en simbiosis con bacterias del género Rhizobium. Esta simbiosis hace que el nitrógeno que necesita la planta sea proporcionado por la bacteria y esta pueda hacer uso de los alimentos elaborados por la planta.

Uno de los factores que influyen en la baja productividad es el escaso contenido de elementos nutritivos que poseen algunos suelos del país; siendo por esto necesario incorporar fertilizantes químicos para aumentar los rendimientos por unidad de superficie. Esta práctica ha permitido obtener en una gran mayoría de casos, resultados favorables. Sin embargo los costos de producción aumentan considerablemente, debido al encarecimiento de los fertilizantes químicos en general (1).

Tomando en cuenta que el nitrógeno es un elemento esencial en el rendimiento de las leguminosas, se hace necesario buscar una forma práctica y económica de suplir el elemento en mención. Una forma de incrementar el nitrógeno del suelo lo constituye la inoculación de Rhizobium a la semilla, para con ello favorecer la fijación del nitrógeno atmosférico.

Por este motivo la respuesta para solucionar este problema, consiste en desarrollar una agricultura sobre bases científicas, técnicas y modernas de producción, con el ánimo de disminuir los costos de producción, minimizar la incorporación de químicos al suelo y aprovechar el nitrógeno atmosférico por intermedio de su simbiosis con la bacteria Rhizobium leguminosarum biovar Phaseoli.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Esta investigación tiene como objetivo básico evaluar la respuesta de 4 variedades de frijol negro, que el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), recomienda y/o recomendará en corto plazo al agricultor, debido a su alto rendimiento y resistencia a las enfermedades más comunes. Las variedades evaluadas fueron: ICTA-San Martín, ICTA-Altense, ICTA-Hunapú e ICTA-Textel, inoculadas con una mezcla de 3 cepas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli (CIAT 57, CIAT 151, y CIAT 632), en los municipios de Chimaltenango y Patzún.

2. JUSTIFICACION.

Las leguminosas de grano comestible ocupan un lugar predominante en la dieta del guatemalteco; entre ellas se destaca el frijol Phaseolus vulgaris L., el cual constituye por su alto porcentaje proteínico, una fuente alimenticia de primera importancia en los estratos sociales de bajos ingresos (11).

Una de las características más importantes de las leguminosas es su capacidad de asociarse simbióticamente con bacterias del género Rhizobium. Como producto de esta simbiosis, la planta recibe un aporte significativo de nitrógeno proveniente de la atmósfera. Por lo tanto, por poseer una fijación biológica eficaz de nitrógeno, esta leguminosa puede cultivarse sin recurrir a los fertilizantes nitrogenados (19).

La utilización de Rhizobium como fuente de fijación simbiótica de nitrógeno con el frijol, se presenta como una opción de tratamiento, si se toma en cuenta la situación actual: en donde cada día es más difícil y costosa la adquisición de insumos para la producción agrícola, especialmente los fertilizantes nitrógenados. Además la protección del medio ambiente sugiere el uso de cultivos orgánicos, de esta situación surge la alternativa de utilizar técnicamente la fijación simbiótica de nitrógeno, la cual puede contribuir en la economía familiar, reduciendo los costos de producción, y al mismo tiempo conducir a la preservación del medio ambiente.

Siendo el caso que los suelos de Guatemala, en general, no han presentado buen contenido de nitrógeno, pero que a la vez, el clima es propicio para el desarrollo de leguminosas tropicales, se hace interesante y prometedora la idea de aprovechar la simbiosis Rhizobium-leguminosa, para lograr aumento en la producción, principalmente si enfocamos la idea hacia la solución de problemas socioeconómicos del país.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 FIJACION SIMBIOTICA DEL NITROGENO

El fenómeno de la fijación simbiótica del nitrógeno es característico de las leguminosas, y explica, en gran parte la importancia de éstas en los sistemas de rotación de cultivos (13). El nitrógeno constituye casi el 80% de la atmósfera terrestre, aunque es inerte y no puede ser utilizado por la vasta mayoría de los organismos vivos, puede participar en los sistemas biológicos cuando se ha combinado con los elementos como el hidrógeno y el oxígeno, capacidad que la naturaleza reserva a unos cuantos géneros de bacterias. En la actualidad esta fijación puede realizarse a través de la fabricación de amoníaco y de otros fertilizantes químicos, producidos industrialmente (4).

Este tipo de fijación la realizan todas aquellas formas de vida que necesitan de la participación de otros organismos para fijar el nitrógeno, como es la situación del Anabaena con el alga Azolla y el Rhizobium con las plantas leguminosas (2).

Una pequeña parte de nitrógeno orgánico, principalmente aminoácidos y azúcares aminadas pueden ser absorbidas por las raíces de las plantas, en cuanto que el nitrógeno atmosférico, precisa ser inicialmente fijado por organismos procarióticos (bacterias fijadoras libres, simbióticas y algas cianofíceas) (30).

En el caso de fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico, este es colocado inmediatamente a disposición de la planta hospedera en forma de amonio que se combinará con ácidos orgánicos provenientes de la fotosíntesis en la formación de aminoácidos (30).

La fijación de nitrógeno es básicamente, un proceso de "autofertilización". Las raíces de las plantas leguminosas se "infectan" con bacterias que viven en el suelo (7). Estas bacterias radicícolas

simbiontes de las leguminosas, o rizobios, nombre que toman por pertenecer al género Rhizobium, presentan las siguientes características en su ciclo de vida; cuando viven libres en el suelo, son bacilos flagelados, móviles, saprófitos y no fijan nitrógeno. Cuando entran por los pelos absorbentes radicales hasta el parénquima central de la raíz de las plantas de la familia leguminosas, provocan una intensa proliferación celular y la consiguiente formación de unas hipertrofias, globosas, llamadas nódulos. A pesar de su distinta forma, todos poseen la misma estructura anatómica (21).

Las bacterias del género Rhizobium, infectan las raíces de las leguminosas y producen tumefacciones parecidas a tumores que se denominan nódulos, los cuales están llenos de miles de bacterias que fijan el nitrógeno molecular. La planta leguminosa proporciona la energía para que se produzca la fijación del nitrógeno molecular, capturando la energía de la luz solar por fotosíntesis (11).

Ningún organismo superior ha desarrollado la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, aunque algunos lo logran indirectamente formando asociaciones simbióticas con bacterias que fijan nitrógeno. Todos los organismos fijadores de nitrógeno aparentemente comparten un mecanismo común para la fijación y, lo mismo que el proceso industrial, el producto final es el amoníaco (4).

La multiplicación del Rhizobium es estimulada por la planta hospedera, ésta emite exudados de la raíz que contienen aminoácidos, azúcares y vitaminas. Esto permite que la cepa logre concentrar el número de células para iniciar la infección (14).

El hospedero juega un papel muy importante en esta especificidad. El desarrollo de los hilos de infección y la liberación de los rizobios en las células de la corteza de la raíz han sido detallados en Pisum y Trifolium (14).

3.1.2 ECOLOGIA GENERAL DEL RHIZOBIUM

Según Ruschel (26) el rhizobio se encuentra distribuido en diferentes nichos ecológicos, no solo en la rizósfera y rizoplaneo de las leguminosas, sino también de otras plantas, en agregados y coloides del suelo. Generalmente vive en forma saprófita, utilizando fuentes de energía y sustancias nitrogenadas del medio. No solo la bacteria debe sobrevivir sino precisa multiplicarse, competir con la microflora nativa, colonizar la rizósfera y además poseer la habilidad de formar nódulos y principalmente ser eficiente en la fijación del nitrógeno (Roughey, 1976), Alaidés (26) cita a Gibson (1971) en donde éste propone una serie de factores capaces de influenciar la nodulación y sobrevivencia del Rhizobium, entre otras menciona: temperatura diurna y nocturna, intensidad de la luz, oxígeno y temperatura de la rizósfera.

3.1.3 IMPORTANCIA DE LAS LEGUMINOSAS Y LA ASOCIACION CON RHIZOBIUM

Las enormes cantidades de nitrógeno elemental gaseoso contenido en el aire, no son aprovechados por las plantas. De aquí la importancia de que ciertas bacterias pueden asimilar y fijar el nitrógeno gaseoso ya sea de la atmósfera o del aire del suelo (14).

Los diferentes microorganismos capaces de fijar nitrógeno no obtienen la energía que requieren a partir de la fotosíntesis, bien sea directamente como el caso de las cianobacterias o indirectamente de los carbohidratos producidos por otros organismos fotosintéticos. En este último caso, los microorganismos obtienen los carbohidratos gracias a su localización dentro de la planta en la rizósfera o a partir de sustratos orgánicos presentes en el suelo y agua (23).

Como es sabido, ninguna planta es capaz de fijar biológicamente el nitrógeno molecular por si misma, por lo que la naturaleza ha dotado a varios microorganismos primitivos de la capacidad de fijar biológicamente

el nitrógeno molecular. Al asociarse simbióticamente con estos microorganismos, algunas plantas son capaces de utilizar indirectamente el nitrógeno molecular atmosférico para ayudar a su crecimiento (11).

La fijación de N_2 por el Rhizobium, en asociación con las leguminosas reviste un carácter de suma importancia ya que libera estas plantas del consumo artificial de nitrógeno (18).

La asociación simbiótica más importante conocida, es la asociación del género Rhizobium con leguminosas. En América Latina y África, el frijol común y los guisantes forrajeros son importantes fuentes de proteínas en la dieta humana. Desde el punto de vista de las cantidades consumidas, las leguminosas ocupan el segundo lugar, después de los cereales (11).

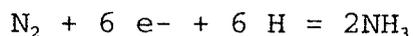
3.1.4 FISILOGIA DE LA FIJACION DEL NITROGENO POR EL RHIZOBIUM

El principal producto de la fijación del nitrógeno es el amoníaco (NH_3), el cual es asimilado tan rápido como es formado (23).

Los sistemas biológicos que fijan nitrógeno utilizan una enzima llamada nitrogenasa, que forma reactiva, la molécula de nitrógeno en condiciones del ambiente (23).

La enzima nitrogenasa es la que cataliza la reducción de N_2 a NH_3 se localiza en el interior de las bacterias fijadoras de nitrógeno. Esta enzima tiene dos componentes principales, la proteína ferrosa y la proteína molibdeno ferrosa. La presencia de molibdeno en esta enzima, al igual que en la enzima nitrato reductasa, explica el requerimiento de molibdeno para la asimilación de N_2 y NO_3^- (23).

Los sustratos necesarios para la reacción de la nitrogenasa y formación de NH_3 son: 6 electrones generados, 6 moléculas de H, la ecuación química que se genera es la siguiente:



Aunque para realizar la reacción se necesita energía y esta es proveída a través del ATP formado de carbohidratos, como por ejemplo: la glucosa es generada por la planta leguminosa y cedida a la bacteria (23).

Otro sustrato que debe estar presente es el ión Mg, ya que si no existe en la enzima nitrogenasa no funciona. El Mg forma una sal con el ATP (Mg ATP) la cual permite que ceda la energía que este pueda dar (23).

3.1.5 SELECTIVIDAD Y ESPECIFICIDAD

Fuera de las condiciones ambientales necesarias para el buen crecimiento de las leguminosas, el proceso de la fijación del nitrógeno no añade ningún requerimiento especial al organismo. Una posible excepción a esta afirmación podemos encontrarla en las cantidades de ciertos elementos minerales para una fijación de nitrógeno más eficaz (6).

La aportación de la simbiosis Rhizobium - leguminosa es bioquímica y genética por parte de la planta, esta desempeña un papel de primera importancia y la eficiencia del proceso se encuentra también influenciada por factores ecológicos (6).

Por consiguiente, la genética de la leguminosa huésped y de las bacterias son sumamente importantes, al igual que la modalidad de su interacción. Así mismo, todo factor nutritivo ambiental que afecte a una de las partes afecta la eficiencia global de la simbiosis (11).

La invasión, nodulación y fijación de nitrógeno por las especies de Rhizobium dependen de las relaciones específicas o la compatibilidad que existe entre la planta hospedera y la bacteria. Esta relación parece ser extremadamente compleja y depende mucho de la constitución genética de la planta hospedera y también de la bacteria, así como de los distintos factores ambientales que incluyen la rizósfera (5).

Aunque no existe duda en que es la bacteria del género Rhizobium la que fija el nitrógeno a través de la utilización de la enzima nitrogenasa, la

planta controla la actividad de fijación a través de no menos de 10 genes que tienen funciones de controlar el tiempo hasta la nodulación, la selección de ciertas cepas de bacterias en la rizósfera y los niveles de fijación que alcanza la simbiosis (14).

La selectividad se puede enfocar en dirección bacteria-planta y planta-bacteria, o sea que no solo son las características fisiológicas propias de cada especie y/o cepa de Rhizobium las que definen la selección de la planta a nodular, sino también: el género, especie y variedad de leguminosa (14).

Ciertas especies de leguminosas solo forman nódulos con un rango limitado de cepas de Rhizobium. Estas leguminosas se denominan específicas. Otras leguminosas forman nódulos con un rango amplio de Rhizobium aislados de diferentes especies de leguminosas y se denominan promiscuas (3).

3.1.6 EFECTIVIDAD DE LA FIJACION SIMBIOTICA

La base más directa de la evaluación es el nitrógeno total obtenido por la planta; a raíz de su asociación con un Rhizobium específico (31).

Cuando las condiciones experimentales son tales que el nitrógeno asimilable es el principal factor limitante del desarrollo de la planta, la simple determinación del peso de ésta, es probablemente lo más adecuado. El nitrógeno total y el rendimiento de la planta están muy relacionados, aunque puede perderse cierto grado de diferenciación cuando se usa peso seco, debido a la mayor concentración de nitrógeno en el tejido de plantas con una cantidad adecuada de este elemento, que en plantas deficientes (31).

La relación entre el rendimiento y el porcentaje de nitrógeno puede diferir algunas veces según que las plantas reciban nitrógeno fijado simbióticamente o nitrógeno combinado asimilable (31).

Cuando el nitrógeno es un factor limitativo, la apariencia y el rendimiento de la porción aérea de las plantas, dan una buena indicación acerca del éxito relativo del inóculo. Los resultados de los ensayos de

campo se expresan generalmente en términos de peso seco de la planta y/o semilla sobre una superficie determinada, o como rendimiento en nitrógeno (31).

Si bien el rendimiento de una parcela da una medida general del éxito de la inoculación, las causas de las diferencias entre los distintos tratamientos, resultan más evidentes cuando el resultado se refiere a la proporción de plantas noduladas y se expresa en términos de rendimiento de cada una de ellas. Si la nodulación es claramente diferenciable como eficaz o ineficaz, las plantas noduladas deberán también agruparse según este criterio (31).

Una clasificación basada en la nodulación resulta a menudo difícil. Cuando los rhizobios naturales son escasos o claramente ineficaces, el rendimiento logrado por el inóculo más eficaz puede apreciarse mediante un examen directo de la presencia, posición y forma de los nódulos (31).

La respuesta a la inoculación es una prueba positiva; la falta de respuesta puede ser debida a: a) que la nodulación natural es adecuada; b) que el inóculo aplicado no se estableció por fallos de sobrevivencia, capacidad noduladora o por competencia de rhizobios del lugar; c) condiciones desfavorables para la formación y funcionamiento de los nódulos (31).

3.1.7 FACTORES LIMITANTES EN LA FIJACION BIOLOGICA DE N₂

Todos los aspectos del medio en el cual la leguminosa crece, afectan la fijación del nitrógeno simbióticamente, ya sea directamente, o a través de efectos sobre la formación y desenvolvimiento de nódulos. Las interacciones entre los factores físicos son muy comunes (30).

3.1.7.1 Humedad del suelo:

En la supervivencia del Rhizobium en el suelo, Albrech (1921) encontró

que el suelo secado al aire, almacenado durante 30 meses, mostró igual efectividad, al servir como inoculante, que el suelo fresco y húmedo. Foluld (1971) al trabajar sobre la supervivencia de tres especies de Rhizobium encontró que R. trifolli tuvo más tolerancia a la sequia que R. meliloti y un Rhizobium de Lotus (12).

Sprent (1972), efectuó experimentos relativos a los efectos de la tensión de la humedad sobre la fijación del nitrógeno en la soja. Sus resultados indican que una disminución del 20% del contenido de humedad de los nódulos acarrea un 80% de reducción de las actividades de fijación de nitrógeno. Así también experimentó que cuando el medio estaba saturado con agua, bajaba la cantidad de nitrógeno fijado como resultado de la falta de oxígeno, afectando también el número y tamaño de estos (27,20).

Henis (1974), informó que la retención de bacterias es mayor en suelos con un alto contenido de arcilla. Se considera que el desarrollo de los nódulos es más afectada por el stress del agua que el proceso de infección (Sprent, 1976). En varios estudios se ha encontrado que la actividad nodular es poco afectada por una caída en contenido de humedad hasta 85% de su peso fresco (12).

3.1.7.2 Temperatura:

Tomando en cuenta el resultado de varios experimentos, únicamente los extremos de calor o frío limitan la infección. Gibson (1972), indica que la temperatura óptima para nodulación y fijación de nitrógeno durante el crecimiento precoz por las especies de zona templada está entre los 20-25 °C y por las especies tropicales es de 25-35 °C. Los rangos de temperatura en que se encuentra la nodulación efectiva dependen de las especies y están controladas genéticamente por el huésped y el Rhizobium (12).

En América Central, Brasil, Colombia y Venezuela, existen muchas regiones en las cuales las temperaturas del suelo son demasiado altas para

lograr una buena fijación de nitrógeno y un alto rendimiento de las plantas (7).

El P. vulgaris tiene requerimientos muy específicos en las temperaturas que son toleradas, con un 83% de la producción de frijol en América Latina se da a temperaturas promedios entre 17.5 y 25 °C. La temperatura puede ser importante en la nodulación y la fijación de nitrógeno. Se ha demostrado en Colombia que con temperaturas promedio de 24 °C. la fijación de nitrógeno se inicia alrededor de los 15 días, logrando sus valores máximos a los 30 días, y a los 40 días ya ha bajado. En cambio a los 17 °C., la fijación se ha iniciado a los 30 días, llega a su máximo alrededor de los 50 días (14).

El efecto de las altas temperaturas sobre la nodulación de las leguminosas es particularmente importante cuando en la plantación se desea infectar con cepas inoculadas. En esta situación, se dan las condiciones de temperatura del suelo durante el momento de la siembra y períodos subsecuentes, antes que ocurra la infección e iniciación de los nódulos, si son adversas, podrá ocurrir una pérdida de Rhizobium inoculado y nodulación posterior con cepas nativas (25).

3.1.7.3 pH del suelo:

El pH del suelo constituye uno de los principales factores limitantes en la fijación de nitrógeno por las leguminosas, debido al retardamiento o suspensión de la formación de nódulos. Sus efectos pueden ser directos, a través de la influencia sobre la sobrevivencia de la bacteria, o indirectamente por la mayor disponibilidad de nutrientes, en presencia de elementos tóxicos. La acidez del suelo, va normalmente asociada con la toxicidad del aluminio y manganeso, baja disponibilidad de nutrientes como calcio, magnesio y molibdeno, especialmente para la simbiosis (30).

Lozano (1963) ratificó en su investigación, que la acidez es perjudicial para la bacteria de los nódulos y por lo tanto ésta no podría

vivir en suelos ácidos por períodos largos. Algunas clases de bacterias son más afectadas por la acidez que otras (27).

De manera general se puede afirmar que los efectos de la acidez del suelo en la fijación simbiótica de las leguminosas son extremadamente complejos y se manifiestan esencialmente a través de la influencia sobre la propia bacteria o sobre la planta (30).

3.1.7.4 Efecto de las Sustancias Químicas:

El efecto de los fungicidas, insecticidas y herbicidas, pueden muchas veces perjudicar la formación de nódulos y por lo tanto, el rendimiento. Podría ser el caso de un experimento con diferentes dosis de insecticida; con dosis crecientes a un determinado nivel, mejora el rendimiento. El investigador menos avisado, no sabe a que atribuir este efecto negativo, cuando una simple observación del sistema radicular daría la respuesta (22).

Padilla, A. y Atzín, J. (24), determinaron niveles de resistencia de 20 aislados de Rhizobium ssp. de diferentes orígenes a 3 insecticidas organoclorados (Lindano, Heptacloro, DDT), en un gradiente de concentración de hasta 500 ppm, para el caso de los dos primeros, en donde un 75% de aislados presentan resistencia; para DDT se dice que casi el 100% de aislados presentan resistencia arriba de 2000 ppm, concluyendo que el rhizobium microorganismo típicamente fijador de nitrógeno puede tener importancia en control de acumulación de pesticidas en el suelo.

3.1.8 IMPORTANCIA DE LA INOCULACION EN DIFERENTES CONDICIONES AMBIENTALES

Se encuentran poblaciones nativas de Rhizobium en casi todos los suelos. Sin embargo, estas poblaciones varían en cantidad, especificidad y efectividad. Se puede utilizar la inoculación para modificar la población de Rhizobium en el suelo. Es más probable que una leguminosa específica responda a la inoculación en el campo que una leguminosa promiscua, debido

a la escasez de cepas en el suelo que nodulan con leguminosas específicas (3).

Sin embargo, aún en el caso de una leguminosa promiscua que forme nódulos abundantes con las cepas nativas, varios factores afectan la efectividad de la simbiosis en el campo, por ejemplo: 1) la mezcla de cepas nativas en el suelo puede no incluir cepas efectivas; 2) una cepa infectiva puede competir con las cepas efectivas y prevenir la nodulación por ellas; 3) el ambiente puede modificar la efectividad de la simbiosis, cuando una leguminosa crece bajo condiciones de campo. Como resultado de estos factores, aún una leguminosa clasificada como promiscua puede requerir inoculación bajo condiciones de campo, al igual que una leguminosa específica (3).

En el caso de leguminosas que forman una simbiosis semi-efectiva con las cepas nativas es necesario que las cepas en el inoculante sean capaces de competir con las cepas nativas por los sitios de nodulación. Por otro lado, si el inoculante falla no tiene consecuencias muy graves, porque las cepas nativas fijan algo de nitrógeno, aunque no sea una cantidad muy alta (3).

Cuando se inoculan leguminosas específicas que no nodulan con las cepas nativas en el suelo, no hay problema de competencia entre las cepas nativas y el inoculante. Pero si el inoculante falla por otro motivo, la planta sufriría deficiencia aguda de nitrógeno (3).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Localización de los Ensayos.

Los sitios experimentales donde se desarrolló la investigación, fueron los municipios de Patzicia y Chimaltenango; el primero ubicado a 14 Kms. de la cabecera departamental de Chimaltenango. Sus coordenadas geográficas son 14° 37'56" Lat. Norte y 90° 55'36" Long. Oeste; el segundo en terrenos de

la estación experimental del ICTA en Chimaltenango, ubicada a 3.5 Kms. de la cabecera departamental de Chimaltenango. Sus coordenadas geográficas son 14° 39'38" Lat. Norte y 90° 49'08" Long. Oeste.

3.2.2 Características Climatológicas.

En el cuadro 1 aparecen las características de los sitios experimentales.

Cuadro 1. Características climatológicas de las localidades donde se ubicaron los experimentos.

No.	Localidad	No Ensayos	PP Promedio (mm)	Temp. Prom. (°C)	Altitud (msnm)
1	Patzicia	1	1146.01	16.5	2240
2	Chimaltgo.	1	1500.00	18.0	1776

Fuente: INSIVUMEH 1995.

Según el sistema de Clasificación de zona de vida de Holdridge (15), el área ecológica de las localidades donde se realizó el estudio corresponde a la zona de vida de bosque húmedo montano bajo. Esta presenta un clima templado.

3.2.3 Condiciones Edáficas de la Región.

Según SIMMONS (28), los suelos del centro de producción del altiplano central del ICTA de Chimaltenango y la localidad de Patzicia, corresponden a la serie de suelos Tecpán, los cuales se caracterizan por ser suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica blanca, porosa y de grano relativamente fino. Su relieve es casi plano (declive dominante de 1 a 5 %) ondulado. El suelo superficial es de un espesor aproximado de 0.30 m. a 0.50 m., su color es café oscuro, con textura franco-arenosa y su consistencia friable. El subsuelo es de un espesor aproximado de 0.50 a 1.00 m., su color es café amarillento, su textura es

franco-arcillosa y tiene una consistencia friable. La fertilidad natural de estos suelos es regular. El contenido de materia orgánica es bajo (2 %). La reacción es de mediana a ligeramente ácida, pH alrededor de 6.0.

3.2.4 Localidades y Características Edáficas de los Sitios Experimentales

Se realizó un análisis de los suelos, los cuales se efectuaron en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), los que mostraron que tienen las siguientes características:

	Patzicia	Chimaltenango	
pH	6.80	6.50	
Fósforo	7.14	14.60	Microgramos/ml.
Potasio	132.00	201.00	Microgramos/ml.
Calcio	5.61	5.61	Meq/100 ml. suelo
Magnesio	0.62	0.80	Meq/100 ml. suelo
% M.O.	3.16	3.70	
Nitrógeno	0.11 %	0.15 %	

3.2.5 Material Experimental.

3.2.5.1 Variedades de frijol.

Se utilizaron 4 variedades de frijol negro, ICTA-San Martín, ICTA-Altense, ICTA-Hunapú é Icta-Textel, que fueron proporcionadas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).

A. ICTA-San Martín:

Variedad de grano negro, con hábito de crecimiento arbustivo tipo III postrado, se puede cosechar de 115 a 120 días después de la siembra. con un rendimiento aproximado de 1558.44 kilogramos por hectárea. Su adaptación está comprendida en los 1,500-1,800 msnm. (16).

B. ICTA-Altense:

Variedad de grano negro, vaina con fondo crema ligeramente morado, con hábito de crecimiento tipo II arbustivo, arquitectura de planta erecta con buena distribución de vainas. Su ciclo de siembra a cosecha es de 130 días, con un rendimiento en monocultivo de 2227.73 kilogramos por hectárea aproximadamente, se caracteriza por su resistencia a mancha de ascochyta, antracnosis y roya (17).

C. ICTA-Hunapú:

Variedad de grano negro, vaina morada, con hábito de crecimiento tipo II arbustivo, arquitectura de planta erecta con buena distribución de vainas. Su ciclo de siembra a cosecha es de 125 días, con un rendimiento bajo buenas condiciones de cultivo de 2402.60 kilogramos por hectárea, tolerante a mancha de ascochyta, roya y antracnosis (17).

D. ICTA-Texel:

Variedad de grano negro, vaina morada, con hábito de crecimiento arbustivo semipostrado, se puede cosechar de 90 a 100 días después de la siembra. Su rendimiento es de 1558.44-1688.31 kilogramos por hectárea, presenta tolerancia a mancha de ascochyta y antracnosis (16).

3.2.5.2 Inoculante:

El inoculante que se utilizó fué una mezcla de tres cepas de Rizobium leguminosarum biovar phaseoli, éstas fueron proporcionadas por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

A. Cepa CIAT - 57:

Obtenida en la Universidad de Sydney como la cepa CC511 en 1971. Se le realizaron repetidas pruebas para observar su respuesta simbiótica entre

los años de 1972 y 1979. Esta cepa fué incluida en las Pruebas Internacionales de Inoculación del Frijol (International Bean Inoculation Trial, IBIT) entre 1979 y 1980 (8).

B. Cepa CIAT - 151:

Aislada como la cepa Z-127 cerca de Medellín, Colombia, en 1972. Las últimas pruebas para determinar su infectividad se realizaron en 1979, probando ser una cepa efectiva (8).

C. CEPA CIAT - 632:

Aislada por Rolando Aguilera, proveniente de Guatemala, identificada como la raza 21 en el año 1974. Se le realizaron repetidas pruebas para determinar su respuesta simbiótica de 1974 a 1979, siendo altamente efectiva. Se incluyó en los ensayos IBIT en 1979 (8).

3.3 ANTECEDENTES.

Algunos estudios e investigaciones realizadas a la fecha, relacionados con el sistema simbiótico Rhizobium - leguminosa es interesante debido a que es una forma natural por medio de la cual la leguminosa obtiene nitrógeno, vital para sus necesidades, y la bacteria hace uso de los alimentos elaborados por la planta.

Contreras en 1988 (10), obtuvo resultados que muestran que el nivel bajo de nitrógeno (25 Kg/ha), estimula el desarrollo nodular de la cepa nativa, y que el nivel alto de nitrógeno (75 Kg/ha) inhibe el desarrollo del nódulo en la raíz.

Tzí en 1986 (29), trabajando con soya (Glycine max L.) encontró que la inoculación en plantas de Bradyrhizobium, produjo un rendimiento de grano equivalente al de la fertilización con 100 Kg/ha de nitrógeno; y aún más que las cepas del inoculante pueden independizar totalmente a la planta de la

aplicación de nitrógeno inorgánico. También observó que la aplicación de fósforo y potasio en niveles de 100 Kg/ha cada uno, causaron un buen desarrollo vegetativo, superior al nivel de 0 Kg/ha pero el mismo no superó los rendimientos de nodulación y producción de grano, lo que supone se debió a un crecimiento vicioso de la planta que limita las fuentes de energía para la formación de nódulos y formación de granos.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Determinar en las variedades comerciales de frijol impulsadas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, la respuesta a su inoculación con cepas seleccionadas en las localidades Chimaltenango y Patzúcia.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar el efecto de la inoculación de la mezcla de 3 cepas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli sobre la nodulación y rendimiento de grano de 4 variedades de frijol.

- Seleccionar de las 4 variedades de frijol las que presentan mayor nivel de utilización del nitrógeno atmosférico fijado por la mezcla de 3 cepas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli.

- Determinar la relación beneficio - costo de la inoculación de 3 cepas de Rhizobium en 4 variedades de frijol negro.

5. HIPOTESIS

De las cuatro variedades de frijol a evaluar, por lo menos una manifestará una buena relación simbiótica, así mismo existirá diferencias significativas en cuanto a rendimiento; con la utilización de las cepas de la mezcla de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli en las localidades Chimaltenango y Patzícia.

6. METODOLOGIA

6.1 Factores Evaluados:

* variedades Evaluadas

-ICTA-San Martín	A ₁
-ICTA-Altense	A ₂
-ICTA-Hunapú	A ₃
-ICTA-Texel	A ₄

* Cepas de Rhizobium (mezcla)

-Con inoculante	B ₁
-Sin inoculante	B ₂

6.2 Tratamientos:

Los tratamientos consistieron en comparar los rendimientos de nodulación (número, peso y volumen), peso de materia seca de planta y rendimiento de grano; comparando la mezcla de 3 cepas de Rhizobium inoculadas a la semilla de 4 variedades de frijol, contra la respuesta a las cepas que en el suelo nodulan a las plantas en forma natural. A continuación se presenta el detalle de los mismos.

Variedad San Martín con inóculo	A ₁ B ₁
Variedad San Martín sin inóculo	A ₁ B ₂
Variedad Altense con inóculo	A ₂ B ₁
Variedad Altense sin inóculo	A ₂ B ₂
Variedad Hunapú con inóculo	A ₃ B ₁
Variedad Hunapú sin inóculo	A ₃ B ₂
Variedad Texel con inóculo	A ₄ B ₁
Variedad Texel sin inóculo	A ₄ B ₂

6.3 Diseño Experimental:

Los tratamientos se evaluaron en cada localidad bajo estudio a través de un diseño experimental de bloques al azar con arreglo combinatorio 2 X 4, con cuatro repeticiones.

6.4 Modelo Estadístico:

$$Y_{jkl} = M + R_j + A_k + B_l + AB_{kl} + E_{jkl}$$

Donde:

Y_{jkl} = Variable respuesta asociada a la jkl-ésima unidad experimental

M = Efecto de la media general

R_j = Efecto del j-ésimo Bloque

A_k = Efecto del k-ésimo Factor A (variedades)

B_l = Efecto del l-ésimo Factor B (Inoculantes)

AB_{kl} = Interacción del k-ésimo nivel del Factor A con el l-ésimo nivel del Factor B

E_{jkl} = Error experimental asociado al jkl-ésimo nivel de la unidad experimental

6.5 Area Experimental:

Las dimensiones del área experimental utilizadas en cada localidad fueron las siguientes:

Area total del experimento = 660.00 m² (20 X 33 m)

Parcela bruta de la Unidad

Experimental (U.E.) = 18.75 m² (2.5 X 7.5 m)

Parcela neta de la U.E para medir

efectos de inoculación = 1.50 m² (3.0 X 0.5 m)

Parcela neta de la U.E. para medir

rendimiento = 7.50 m² (3.0 X 2.5 m)

(ver figura 1 y 2 de ápendice).

6.6 Variables Respuesta:

6.6.1 En floración:

Se tomaron 10 plantas a la floración de los 3 surcos centrales de la

parcela destinada para medir efectos de la inoculación. A estas plantas se les determinó el peso seco de la parte aérea, el número, peso y volumen de nódulos efectuando el siguiente procedimiento:

A: Con tijera y a la altura del cuello de la raíz, se separó la parte aérea de la planta, la cual se colocó en bolsas de papel agujereadas e identificadas. La raíz se colocó en bolsas plásticas también previamente identificadas.

B: La parte aérea de las plantas se llevó a un horno de flujo de convección en el cual se secaron las mismas, a 60 °C, durante 72 horas, luego se pesaron en una balanza marca Ohaus tipo monoplato. Las raíces de cada muestra, en forma manual, le fueron arrancados los nódulos, estos se pesaron, contaron y obtuvo su volumen. Para el peso de nódulos se usó una balanza analítica marca Sartorius; el número se obtuvo por simple conteo y el volumen se obtuvo, colocando los nódulos extraídos de cada muestra en una probeta de 10 ml.

6.6.2 En la cosecha:

El rendimiento de grano se obtuvo de los 3 surcos centrales de la parcela neta destinada para ello y se expresó en Kg/ha.

6.7 Manejo del experimento.

6.7.1 Preparación del terreno:

La preparación del terreno se realizó en forma mecanizada, arando y rastreando el terreno, preparándolo así para hacer camellones elaborados manualmente.

6.7.2 Desinfección del suelo:

Se realizó al momento de la siembra para prevenir plagas del suelo, se

incorporó a éste el insecticida granulado Carbofuran (Furadan 5 G.R.) en dosis de 30 Kg/ha.

6.7.3 Fertilización:

Se realizó una sola aplicación de Urea en todas las parcelas a razón de 25 Kg/ha de nitrógeno como dosis para suplir las necesidades de la planta mientras se iniciaba la fijación; a todas las parcelas se les aplicó Triple Superfosfato (46 % P_2O_5), en dosis de 45 kg/ha., y Cloruro de Potasio al (60 % K_2O) en dosis de 45 Kg/ha. La fertilización se hizo al momento de la siembra aplicándola al fondo de la postura y cubriéndola con una capa de suelo.

6.7.4 Siembra:

Antes de la siembra, la semilla de frijol que se utilizó en los tratamientos se inoculó con las cepas de Rhizobium, humedeciéndola con una solución de goma arábica al 45 %, lo cual funcionó como un adherente del inóculo. Luego se realizó la aplicación del inoculante, en una proporción de 10 gramos del mismo, por kilogramo de semilla. Finalmente se realizó la peletización de la semilla con carbonato de calcio ($CaCO_3$) para proteger a las bacterias de Rhizobium inoculadas, mientras germinaba la semilla.

Después de este tratamiento, la semilla se colocó sobre los camellones a distancias de 0.50 m. entre surcos y 0.10 m. entre plantas. La técnica de siembra fué la misma para la semilla sin inóculo.

6.7.5 Control de malezas:

Se realizaron dos limpiezas en forma manual (azadón) durante el ciclo del cultivo, a los 22 y 49 días después de la siembra, con el fin de mantenerlo libre de malezas.

6.7.6 Control de plagas y enfermedades:

Para tal efecto se realizaron cuatro aplicaciones de productos químicos para prevenir y/o controlar el ataque de Diabrotica spp., Epilachna spp., Apión godmani, Uromyces phaseoli, Colletotrichum spp. Isariopsis griseola. Los productos utilizados fueron: Carbofurán (Furadán 5 G.R) 30 Kg/ha, Metamidophos (Tamaron 600 SL) 1.5 Lts/ha, Mancozeb (Dithane M-45) 2.5 Kg/ha, Nonifenolpoliglicoleter (Adherente 810) 0.83 Lts/ha.

6.7.7 Cosecha:

Se realizó cuando aproximadamente el 95 % de las vainas de cada variedad estaban secas.

6.8 Análisis de la información.

Los resultados del número de nódulos, peso de nódulos, volumen de nódulos, peso de materia seca y rendimiento de grano, se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA), posteriormente se les realizó una prueba de medias de Tukey a las variables que así lo ameritaron.

Además se realizó un análisis de la relación de beneficio-costos a cada una de las variedades, utilizando como indicador la rentabilidad, la cual se define por la fórmula siguiente:

$$R = \text{IN/CT} \times 100$$

donde:

R = Rentabilidad en porcentaje

IN = Ingreso Neto

CT = Costo Total

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Resultados:

Los resultados de la presente investigación se dan a conocer en los cuadros 2,3,4,5, y 6, que presentan los valores promedio de las diferentes variables para medir los efectos de inoculación en cuatro variedades de frijol negro evaluadas en las localidades Chimaltenango y Patzúcia.

Cuadro 2 Valores promedio para medir efectos de inoculación en la variable número de nódulos de 10 plantas, en las localidades Chimaltenango y Patzúcia.

TRATAMIENTOS		Valores Promedio		Valores Promedio Variedades
		Con Inoc.	Sin Inoc.	
C	San Martín con inoc.	1015.00		907.12
H	San Martín sin inoc.		799.25	
I	Altense con inoculante	795.50		801.88
M	Altense sin inoculante		808.25	
A	Hunapú con inoculante	992.00		863.00
L	Hunapú sin inoculante		734.00	
T	Texel con inoculante	1057.25		952.50
.	Texel sin inoculante		847.75	
PROM. POR EFEC. INOC.		964.94	797.31	881.12
P	San Martín con inoc.	823.25		760.50
A	San Martín sin inoc.		697.75	
T	Altense con inoculante	783.00		712.75
Z	Altense sin inoculante		642.50	
I	Hunapú con inoculante	832.25		738.12
C	Hunapú sin inoculante		644.00	
I	Texel con inoculante	767.75		728.75
A	Texel sin inoculante		689.75	
PROM. POR EFEC. INOC.		801.56	668.50	735.03

Cuadro 3 Valores promedio para medir efectos de inoculación en la variable peso de nódulos (grs) de 10 plantas, en las localidades Chimaltenango y Patzúcia.

TRATAMIENTOS		Valores		Valores Promedio Variedades
		Con Inoc.	Promedio Sin Inoc.	
C	San Martín con inoc.	12.07		11.10
H	San Martín sin inoc.		10.12	
I	Altense con inoculante	14.03		12.67
M	Altense sin inoculante		11.30	
A	Hunapú con inoculante	14.79		12.88
L	Hunapú sin inoculante		10.97	
T	Texel con inoculante	11.39		10.49
.	Texel sin inoculante		9.59	
PROM. POR EFEC. INOC.		13.07	10.50	11.79
P	San Martín con inoc.	9.18		8.31
A	San Martín sin inoc.		7.43	
T	Altense con inoculante	9.60		8.18
Z	Altense sin inoculante		6.76	
I	Hunapú con inoculante	10.60		9.61
C	Hunapú sin inoculante		8.61	
I	Texel con inoculante	8.81		8.49
A	Texel sin inoculante		8.17	
PROM. POR EFEC. INOC.		9.55	7.74	8.65

Cuadro 4 Valores promedio para medir efectos de inoculación en la variable volumen de nódulos (cc) de 10 plantas, en las localidades Chimaltenango y Patzicia.

TRATAMIENTOS		Valores Promedio		Valores Promedio Variedades
		Con Inoc.	Sin Inoc.	
C	San Martín con inoc.	18.23		16.96
H	San Martín sin inoc.		15.68	
I	Altense con inoculante	19.38		17.49
M	Altense sin inoculante		15.60	
A	Hunapú con inoculante	20.95		18.50
L	Hunapú sin inoculante		16.05	
T	Texel con inoculante	16.85		15.85
.	Texel sin inoculante		14.85	
PROM. POR EFEC. INOC.		18.85	15.55	17.20
P	San Martín con inoc.	14.30		13.40
A	San Martín sin inoc.		12.50	
T	Altense con inoculante	15.13		13.31
Z	Altense sin inoculante		11.48	
I	Hunapú con inoculante	16.45		14.99
C	Hunapú sin inoculante		13.53	
I	Texel con inoculante	13.68		13.48
A	Texel sin inoculante		13.28	
PROM. POR EFEC. INOC.		14.89	12.70	13.80

Cuadro 5 Valores promedio para medir efectos de inoculación en la variable materia seca (Kg/ha) de 10 plantas, en las localidades Chimaltenango y Patzúcia.

TRATAMIENTOS		Valores		Valores Promedio Variedades
		Con Inoc.	Promedio Sin Inoc.	
C	San Martín con inoc.	285.70		273.47
H	San Martín sin inoc.		261.23	
I	Altense con inoculante	288.90		271.94
M	Altense sin inoculante		254.97	
A	Hunapú con inoculante	316.12		307.91
L	Hunapú sin inoculante		299.69	
T	Texel con inoculante	241.34		222.48
.	Texel sin inoculante		203.62	
PROM. POR EFEC. INOC.		283.02	254.88	268.95
P	San Martín con inoc.	252.54		238.39
A	San Martín sin inoc.		224.23	
T	Altense con inoculante	293.33		277.29
Z	Altense sin inoculante		261.25	
I	Hunapú con inoculante	319.46		307.74
C	Hunapú sin inoculante		296.02	
I	Texel con inoculante	225.44		207.73
A	Texel sin inoculante		190.02	
PROM. POR EFEC. INOC.		272.70	242.88	257.79

Cuadro 6 Valores promedio para medir efectos de inoculación en la variable rendimiento de grano (Kg/ha), en las localidades Chimaltenango y Patzúcia.

TRATAMIENTOS		Valores Promedio		Valores Promedio Variedades
		Con Inoc.	Sin Inoc.	
C	San Martín con inoc.	1633.19		1576.58
H	San Martín sin inoc.		1519.97	
I	Altense con inoculante	1688.10		1623.16
M	Altense sin inoculante		1558.21	
A	Hunapú con inoculante	1893.44		1839.30
L	Hunapú sin inoculante		1785.15	
T	Texel con inoculante	1407.22		1346.86
.	Texel sin inoculante		1286.49	
PROM. POR EFEC. INOC.		1655.49	1537.46	1596.48
P	San Martín con inoc.	1450.72		1345.74
A	San Martín sin inoc.		1240.76	
T	Altense con inoculante	1734.48		1621.16
Z	Altense sin inoculante		1507.83	
I	Hunapú con inoculante	1839.10		1755.17
C	Hunapú sin inoculante		1671.23	
I	Texel con inoculante	1281.42		1185.88
A	Texel sin inoculante		1090.34	
PROM. POR EFEC. INOC.		1576.43	1377.54	1476.99

7.2 Discusión de resultados.

A continuación se presenta el resumen de los resultados experimentales de respuesta a la inoculación de Rhizobium, en cuatro variedades de frijol negro, evaluadas en Chimaltenango y Patzicia y debido a que las variables, al ser analizadas estadísticamente en ambas localidades, presentaron igual respuesta, estas se condensan en el cuadro 7, que permite tener una panorámica general del comportamiento de cada variable.

Cuadro 7 Resumen de los resultados de los análisis de varianza efectuados a cuatro variedades de frijol negro, inoculadas con Rhizobium en las localidades Chimaltenango y Patzicia, 1995.

VARIABLE	Fuente de variación		
	Variedades Cepas de <u>Rhizobium</u>		Interacción Var. X Inoc.
Número de nódulos a la floración (10 Plantas)	N.S	*	N.S
Peso de nódulos a la floración (10 plantas)	N.S	*	N.S
Volumen de nódulos a la floración (10 plantas)	N.S	*	N.S
Peso de materia seca Kg/ha. (10 plantas)	*	*	N.S
Rendimiento de grano Kg/ha.	*	*	N.S

* Significativo al 5 %

N.S No significativo

El cuadro 7, solamente muestra la significancia obtenida del análisis de varianza para cada una de las variables. Claramente se observa que en las dos localidades donde se trabajó no existen diferencias significativas en el número, peso y volumen de nódulos, pero si existen diferencias significativas en las variables, peso de materia seca de plantas y rendimiento de grano entre variedades; así mismo muestra que para la fuente de variación cepas de Rhizobium, todas las variables respuesta presentan diferencias estadísticas significativas; en cuanto a la fuente de variación

de la interacción variedades-efecto del inoculante, podemos apreciar que no existen diferencias significativas para ninguna variable.

7.2.1 Número, peso y volumen de nódulos.

Considerando que las diferencias de: Número, peso y volumen de nódulos entre variedades no fueron significativas, únicamente analizaremos los resultados de estas variables en cada localidad. En el cuadro 8, tanto para la localidad de Chimaltenango como la de Patzicia, la prueba de medias nos muestra que estadísticamente, el número, peso y volumen de nódulos se incrementó con la inoculación de la mezcla de cepas de Rhizobium (CIAT - 57, CIAT - 151 Y CIAT - 632).

Esto nos indica que en ambas localidades el número de sitios de formación de nódulos en la raíz, peso y volumen de los mismos, puede incrementarse sobre la nodulación natural de las cepas nativas.

Cuadro 8 Comparación de medias para la variable número, peso y volumen de nódulos de 10 plantas, con y sin inoculante en las localidades de Chimaltenango y Patzicia.

Localidad	VARIABLES	Tratamiento	Media
Chimaltenango	Número nódulos	con inoculante	964.94 a
		sin inoculante	797.31 b
	Peso nódulos en gramos	con inoculante	13.07 a
		sin inoculante	10.49 b
	Volumen nódulos en cc.	con inoculante	18.85 a
		sin inoculante	15.54 b
Patzicia	Número nódulos	con inoculante	801.56 a
		sin inoculante	668.50 b
	Peso nódulos en gramos	con inoculante	9.55 a
		sin inoculante	7.74 b
	Volumen nódulos en cc.	con inoculante	14.89 a
		sin inoculante	12.69 b

Dobereiner, citado por Aguilera (1) menciona que para la variable "número de nódulos", algunos rhizobiólogos han dejado de utilizarla, dada

la variabilidad que muestran los mismos en las plantas, sin embargo, como se aprecia en el cuadro 8 las inferencias que se pueden obtener de esta variable en el presente estudio son consistentes y su tendencia fué definida en ambas localidades.

Los resultados obtenidos en esta fase del análisis no permiten inferir si hubo eficiencia en la fijación de nitrógeno, y es por ello que a continuación se presenta el análisis de la materia seca de plantas y rendimiento de grano.

7.2.2 Peso de materia seca.

El cuadro 9 nos muestra que existieron diferencias entre los tratamientos con y sin inoculante en ambas localidades, y permite a la vez (cuadro 10) analizar las respuestas observadas en cada variedad.

Estos resultados unificandolos con los observados sobre la nodulación de las raíces, son ya un indicador de eficiencia y/o efectividad de la inoculación de plantas en ambos sitios de experimentación.

Cuadro 9 Prueba múltiple de medias practicado a la variable materia seca, entre cepas de Rhizobium en las localidades Chimaltenango y Patzícia.

Localidad	Tratamiento	Media
Chimaltenango	Con inoculante	283.02 a
	Sin inoculante	254.88 b
Patzícia	Con inoculante	272.69 a
	sin inoculante	242.88 b

Brose (5) Graham (14); indican que cuando el rendimiento de peso seco de plantas es alto, generalmente la nodulación (número, peso y volumen de

nódulos) lo es también; lo que indica que la planta a logrado utilizar el nitrógeno atmosférico que la bacteria previamente había fijado.

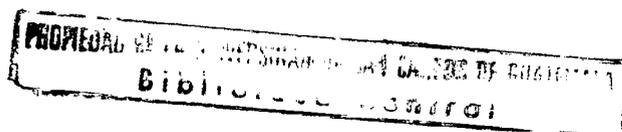
El peso seco de la planta es un factor que muestra que los tratamientos inoculados presentaron mayor eficiencia fijadora de nitrógeno. Debe aclararse que esta variable manifestó diferencias significativas entre variedades y entre cepas de Rhizobium, no así para la interacción cuadro 7, o bien en el cuadro 5 nos daremos cuenta que el promedio de los tratamientos inoculados fué superior a los tratamientos que no se inocularon, para las dos localidades bajo estudio.

Cuadro 10 Prueba múltiple de medias practicado a la variable materia seca (Kg/ha), entre variedades de frijol en las localidades Chimaltenango y Patzícia.

Localidad	Variedades	Media
Chimaltenango	Hunapú	307.91 a
	San Martín	273.47 a
	Altense	271.94 a
	Texel	222.48 b
Patzícia	Hunapú	307.74 a
	Altense	277.29 a
	San Martín	238.39 b
	Texel	207.73 b

En la localidad de Chimaltenango, la prueba de medias nos indica que estadísticamente las variedades Hunapú, San Martín y Altense produjeron mayor rendimiento de materia seca que la variedad Texel, aunque el rendimiento de la variedad Hunapú (307.91 Kg/ha.) fué mayor a las variedades San Martín y Altense con 273.47 y 271.94 Kg/ha. respectivamente.

En la localidad de Patzícia, Hunapú siempre se comportó mejor, pero



aquí compartió estadísticamente una posición similar con la variedad Altense, que presentaron 307.74 y 277.29 Kg/ha. respectivamente. El segundo lugar lo ocuparon las variedades San Martín con 238.39 Kg/ha. y Texel con 207.73 Kg/ha.

7.2.3 Rendimiento de grano.

El análisis de varianza, nos demuestra que existen diferencias significativas a un 5 % de error entre las variedades y las cepas de Rhizobium en las dos localidades cuadros 20A y 25A del apéndice, por lo que se procedió a realizar la prueba de medias de TUKEY que se presenta en el cuadro 11 y cuadro 12.

Cuadro 11 Prueba de medias de TUKEY practicado a la variable rendimiento de grano (Kg/ha.) al 14 % de humedad, entre cepas de Rhizobium en las localidades Chimaltenango y Patzícia.

Localidad	Tratamiento	Media
Chimaltenango	Con inoculante	1655.49 a
	sin inoculante	1537.46 b
Patzícia	Con inoculante	1576.43 a
	sin inoculante	1377.54 b

Los resultados son estadísticamente buenos, pues se establece que la eficiencia de las cepas inoculadas y la nativa del suelo (testigo), son suficientemente competitivas para proveer a la planta del nitrógeno necesario para su crecimiento, hecho que se demuestra en los cuadros 20A y 25A del apéndice, los cuales nos indican que existen diferencias estadísticas significativas no solo debido a la aplicación del inóculo sino también entre variedades.

En el cuadro 6 se observan los valores promedio por efectos de inoculación y en el cuadro 12 las medias del rendimiento de grano; los

resultados obtenidos confirman el beneficio de inocular con cepas eficientes que suplen las necesidades de nitrógeno para la planta, inclusive a un costo económico más bajo (ver cuadros 27A y 28A de apéndice).

Cuadro 12 Prueba de medias de TUKEY practicado a la variable rendimiento de grano (Kg/ha.) al 14 % de humedad, entre variedades de frijol en las localidades Chimaltenango y Patzícia.

Localidad	Variedades	Media
Chimaltenango	Hunapú	1839.30 a
	Altense	1623.16 b
	San Martín	1576.58 b
	Texel	1346.86 c
Patzícia	Hunapú	1755.17 a
	Altense	1621.16 a
	San Martín	1345.74 b
	Texel	1185.88 b

Para la localidad de Chimaltenango la prueba de medias demuestra que estadísticamente, los mejores rendimientos de grano se obtuvieron con las variedades Hunapú (1839.30 Kg/ha.), seguida por las variedades Altense y San Martín con 1623.16 y 1576.58 Kg/ha., respectivamente. La variedad Texel ocupó el último lugar, con una media de 1346.86 Kg/ha. de grano. En la localidad de Patzícia las variedades Hunapú y Altense fueron estadísticamente iguales, con rendimientos de 1755.17 y 1621.16 Kg/ha., respectivamente. Las variedades San Martín y Texel estuvieron abajo de éstas, con rendimientos de 1345.74 Kg/ha., y 1185.88 Kg/ha.

7.2.4 Interpretación general de resultados.

Al unificar el resultado de las variables; nodulación, materia seca de planta y rendimiento de grano nos damos cuenta que el inoculante aplicado

a las variedades fué efectivo y competitivo, ya que las cepas inoculadas fijaron más nitrógeno con las variedades evaluadas, que cuando estas se asociaron simbióticamente con las cepas nativas (testigo). El procedimiento de observación nos mostró desde el principio un mayor rendimiento de todas las variables en la variedad Hunapú, en ambas localidades. La respuesta fué consistente en esta variedad y aunque en algunos de los análisis, las medias resultaron estadísticamente iguales a la variedad Altense ó San Martín, la tendencia de respuesta podría considerarse confiable al interpretar el resultado de la inoculación sobre las variedades evaluadas.

7.2.5 Análisis económico.

En el cuadro 13 se presentan los resultados del análisis de rentabilidad efectuados. Detalles del procedimiento de análisis se presentan en los cuadros 27A y 28A del apéndice.

Se puede apreciar que las variedades inoculadas con la mezcla de 3 cepas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli (CIAT 57, CIAT 151 y CIAT 632), presentaron mejores ingresos por unidad de área en las dos localidades, comparados con las variedades que no fueron inoculadas (Rhizobium nativo).

Sin embargo al comparar las diferencias de rentabilidad entre los tratamientos inoculados y no inoculados, estos no son muy grandes en la localidad de Chimaltenango ya que el rango porcentual de rentabilidad oscila entre 7.01 % (variedad Hunapú) y 9.61 % (variedad Altense).

En la localidad de Patzicia, este rango se amplía, oscilando entre 12.27 % para el menor de los casos (variedad Hunapú) y 18.16 % para el mejor de los casos (variedad Altense).

Cuadro 13 Rentabilidad de las diferentes variedades de frijol negro con inoculante y sin inoculante, evaluadas en las localidades Chimaltenango y Patzicia.

Localidad	Variedades	Tratamientos	Rentabilidad en %	% de diferencia entre Trats.
C	Hunapú	con Inóculo	62.80	7.01
		sin Inóculo	55.79	
I	Altense	Con Inóculo	48.21	9.61
		Sin Inóculo	38.60	
A	San Martín	Con Inóculo	37.57	7.46
		Sin Inóculo	30.11	
T	Texel	Con Inóculo	21.65	8.84
		Sin Inóculo	12.81	
P	Hunapú	Con Inóculo	58.12	12.27
		Sin Inóculo	45.85	
T	Altense	Con Inóculo	52.28	18.16
		Sin Inóculo	34.12	
I	San Martín	Con Inóculo	22.20	15.99
		Sin Inóculo	6.21	
I	Texel	Con Inóculo	10.78	15.17
		Sin Inóculo	-4.39	

Si comparamos la rentabilidad de las variedades vemos que en las dos localidades, la variedad Altense inoculada con la mezcla de 3 cepas presenta el mejor ingreso con respecto a la que no fué inoculada y la mejor tasa de rentabilidad se consiguió en las variedades de frijol cultivado en la localidad de Patzicia.

8. CONCLUSIONES

1. Estadísticamente el rendimiento de grano, materia seca, número, peso y volumen de nódulos de las plantas inoculadas con la mezcla de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli en las variedades de frijol fué superior a las no inoculadas, razón por la cual se acepta la hipótesis.
2. La variedad Hunapú se caracterizó en relación a las otras variedades de frijol, por presentar el mayor rendimiento de grano y el mayor porcentaje de rentabilidad en las dos localidades.
3. En todas las variedades la aplicación del inoculante produjo un porcentaje de rentabilidad mayor (rango de 7.01 % a 18.16 %) con la inoculación del Rhizobium, lo que significa una ventaja económica la práctica de esta técnica.
4. Los rendimientos de grano de frijol fueron estadísticamente superiores en el Centro de Producción e Investigación del ICTA, Chimaltenango, con una media general de 1596.47 Kg/ha., en comparación con la media general de rendimiento de grano obtenida en Patzícia, que fué de 1476.98 Kg/ha.
5. El rango de rentabilidad obtenido en Chimaltenango estuvo entre 7.01 % a 9.61 % y fué inferior al de Patzícia que estuvo entre 12.27 % a 18.16 %, lo que significa en la práctica una ventaja mayor la inoculación del frijol, en los suelos de esta región.
6. Las variedades de frijol negro promisorias ICTA-Hunapú é ICTA- Altense, que el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), recomendará en corto plazo a los agricultores, responden muy bién a la inoculación con Rhizobium y presentan los más altos rendimientos de grano.

9. RECOMENDACIONES

1. Por los resultados obtenidos se puede inferir que el uso de la mezcla de inoculantes en el cultivo de frijol, ofrece buenas perspectivas, recomendándose realizar evaluaciones en otras áreas del altiplano central, con el propósito de arribar a recomendaciones más amplias para las condiciones en que se desenvuelven los agricultores.

2. Para sistematizar la utilización de la mezcla de inoculantes evaluados se recomienda hacer evaluaciones en las regiones en que se trabajó, utilizando áreas de prueba a nivel comercial.

3. Se recomienda cultivar la variedad Hunapú en la localidad Chimaltenango, y las variedades Hunapú y Altense en la localidad Patzícia, ya que con estas variedades los agricultores obtendrán el mayor rendimiento de grano y los mejores ingresos económicos.

10. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA MEJIA, R. 1974. Evaluación del efecto simbiótico de 14 cepas de Rhizobium phaseoli en 3 variedades de frijol negro de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 39 p.
2. ----- . 1982. La fijación del N₂ por Rhizobium, su importancia y alternativas para Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 16 p.
3. BRADLEY, R.S.; KIPE-NOLT, J.A.; HARRIS, D.J. 1985. Evaluación, selección y manejo de sistemas leguminosa-rizobio para aumentar la fijación de nitrógeno. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 71 p.
4. BRILL, W.J. 1978. Fijación biológica del nitrógeno atmosférico; reportaje de la actualidad del mundo. México, COMEN. p. 30.
5. BROSE, E. 1979. Importancia das leguminosas hospedeiras. Porto Alegre, Bra. s.n. 11 p.
6. CASAS, C. 1982. Fijación biológica de nitrógeno. México, MIRCEN. Boletín informativo no. 2. 25 p.
7. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (Col). 1978. La fijación del nitrógeno en el frijol, la planta elabora su propio fertilizante. Colombia. Serie AS-6. s.p.
8. ----- . 1980. Rhizobium collection: Sección 2 strains for P. vulgaris and other grain legumes. Colombia. p. 12,21.
9. ----- . 1981. Morfología de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris L.). Cali, Colombia. Guia de estudio. p. 7.
10. CONTRERAS M, J.C. 1988. Evaluación de la fijación de nitrógeno producido por cuatro cepas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, en las variedades de frijol negro Quinak-ché y Parramos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 30 p.
11. DANSO, S.; ESKEN, D.C. 1980. Aumento de la capacidad de fijación biológica de N₂. México, ANAIS. Boletín Informativo. no. 26. sp.
12. DAY, J. 1979. Influencia de los factores ambientales en la fijación de nitrógeno por las leguminosas. Porto Alegre, Bra., Microbiological Resources Center. 13 p.
13. FRIJOL Y Chicharo. 1982. Producción vegetal. México, Trillas. 58 p.
14. GRAHAM, P.H. 1980. Importancia del hospedero en la nodulación y fijación de nitrógeno por leguminosas con algunas sugerencias para mejorarlas. CIAT, Cali, colombia. 26 p.

15. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. 1983. Mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Geográfico Militar. Esc. 1:600,000.
16. ----- . INSTITUTO DE CAPACITACION Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. 1992. Recomendaciones técnicas agropecuarias; región V. Guatemala. 57 p.
17. ----- . 1995. ICTA Santa Gertrudis, ICTA Altense e ICTA Hunapú: Tres nuevas variedades de frijol negro con adaptación a las principales regiones productoras del país. Entre Surcos (Gua.) 2:7-8.
18. HALLIDAY, J. 1980. Energía y fijación de nitrógeno. CIAT, Cali, Colombia. 25 p.
19. HARDASON, G.; DANSO, S.K.A. 1990. Evaluación de la fijación biológica del N mediante la metodología del N-15. In Empleo de Técnicas Nucleares en los Estudios de la Relación Suelo-Planta. Editado por G. Hardason. Seidersdorf, Austria, FAO/OIEA. Colección de cursos de capacitación, no. 2. p. 173-215.
20. HINSON, K. et. al. 1978. La producción de soja en los trópicos. Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. 90 p.
21. I. DE ROTHSCHILD, D. s.f. Larga sobrevivencia de bacterias radicícolas en nódulos preservados en líquidos antimicrobianos y posible nuevo método intranodular de preservación. s.n.t. s.p.

presentado en: Jornadas Argentinas de Botánica; reunión Argentina de Fisiología vegetal (15, Buenos Aires, Argentina) s.n.t.
22. KOLLING, J. 1979. Avalacao da nodulacao en leguminosas. Porto Alegre, Bra., Secretaría de Agricultura. 12 p.
23. MICROBIOLOGIACAL RESOURCES CENTER. Brasil. 1980. Morfología e bioquímica do Rhizobium. Río Grande do Sul, Bra., MIRCEN Informativo. v.4. p. 23.
24. PADILLA, A.; ATZIN, J. 1986. Uso del DDT (Dicloro difenil tricloro etano) como única fuente de carbono por Rhizobium Sp. In. Resúmenes de Cepas de Rhizobium (13, 1986, Panamá). 1986. Programa y Resúmenes en Panamá. Panamá, Asociación Latinoamericana de Rhizobiología. p. 21.
25. REUNION LATINOAMERICANA DE Rhizobium (12, 1986, Brasil). 1986. Rhizobium. Brasil, ANAIS. 750 p.
26. RUSCHEL, A.P. 1980. Curso sobre leguminosas y Rhizobium. Brasil, Centro de Energía Nuclear de Agricultura. s. p.
27. SCHOONHOVEN, A.V. 1985. El programa de frijol. Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 5 p.

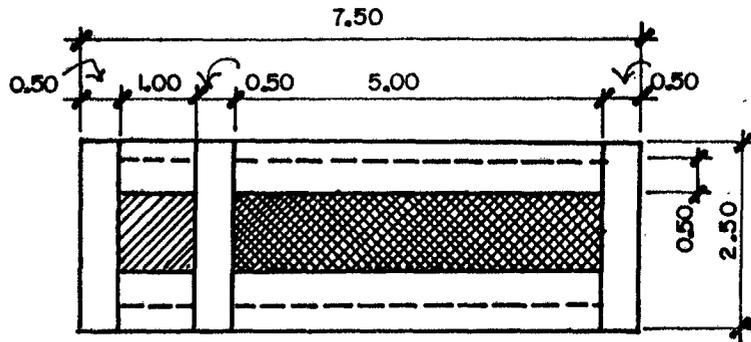
28. SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
29. TZI T, E. A. 1986. Evaluación del comportamiento de soya (Glicine max L.) variedad William 82 a la inoculación de tres cepas de Rhizobium japonicum bajo dos niveles de fósforo y potasio. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 49 p.
30. VIDOR, C. 1983. Fixação biológica do nitrógeno per la simbiosis entre Rhizobium e leguminosas. Brasil, IPAGRO. Boletín Técnico no. 11. p. 10.
31. VINCENT, J.M. 1975. Morfología, fisiología e bioquímica do Rhizobium. Mircen, Bra., s.n. 48 p.

V. B.

Miriam De La Roca



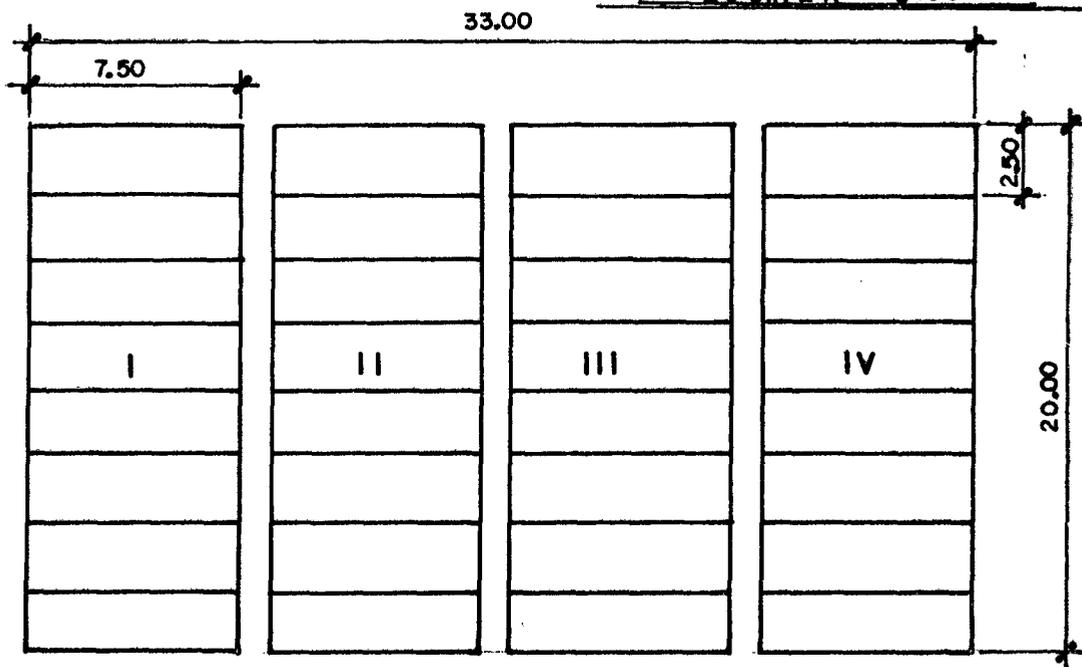
APENDICE



UNIDAD EXPERIMENTAL

	A. BRUTA U. E.	18.75m ²
	P. N. INOCULACION	1.50m ²
	P. N. RENDIMIENTO	7.50m ²

ESCALA 1:8100



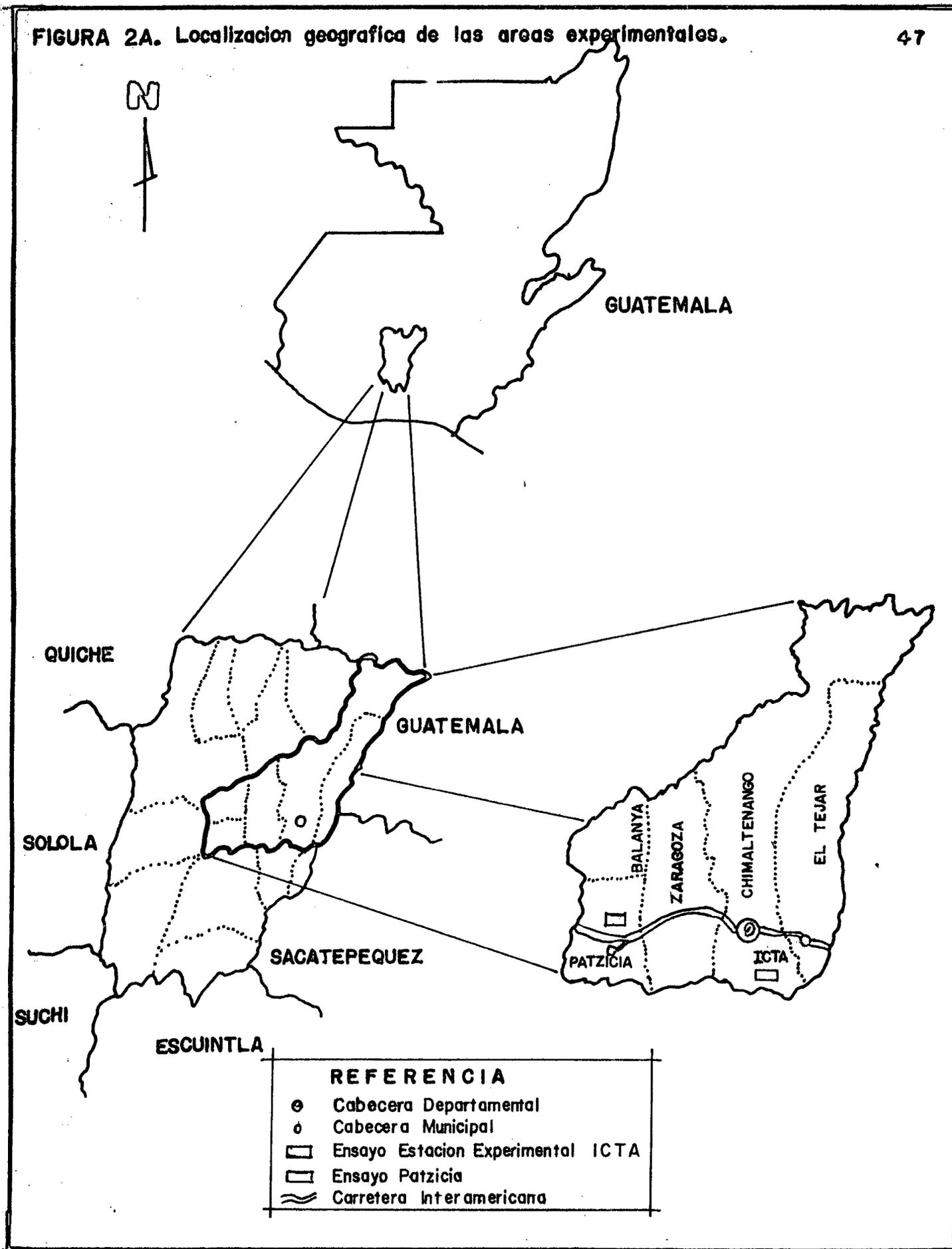
AREA EXPERIMENTAL

A. BRUTA BLOQUE	150.00m ²
A. BRUTA TOTAL	600.00m ²
A. TOTAL DEL EXP.	660.00m ²

ESCALA 1:255

FIGURA IA UNIDAD EXPERIMENTAL Y AREA DEL EXPERIMENTO

FIGURA 2A. Localizacion geografica de las areas experimentales.



Cuadro 14A Datos de campo para las variables respuesta en el ensayo de respuesta a la inoculación de Rhizobium, en cuatro variedades de frijol negro, Chimaltenango. 1995.

Tratamientos		Nódulos					
Factor A Variedad	Factor B Inoc.	Número	Peso (grs)	Volumen (ml)	Mat. seca (Kg/ha)	Rend.grano (Kg/ha)	
B I	S. Martín	con inoc	732	7.81	11.5	254.08	1736.84
	S. Martín	sin inoc	744	10.14	17.2	239.40	1522.12
	Altense	con inoc	620	12.83	16.0	252.52	1511.20
	Altense	sin inoc	812	10.16	14.4	293.52	1557.84
	Hunapú	con inoc	981	14.83	20.8	303.68	1852.40
	Hunapú	sin inoc	544	8.25	12.8	289.16	1651.20
	Texel	con inoc	623	9.40	14.6	224.76	1502.76
	Texel	sin inoc	769	10.44	15.6	238.68	1421.64
B II	S. Martín	Con inoc	1012	12.85	19.3	264.04	1473.76
	S. Martín	sin inoc	861	11.31	16.4	289.16	1612.48
	Altense	con inoc	685	12.95	17.2	280.52	1669.04
	Altense	sin inoc	757	10.91	14.5	276.68	1727.28
	Hunapú	con inoc	837	12.38	18.6	277.52	1876.72
	Hunapú	sin inoc	1093	15.62	21.6	302.40	1880.40
	Texel	con inoc	1187	12.67	18.4	268.52	1372.48
	Texel	sin inoc	952	7.43	11.9	215.08	1252.56
B III	S. Martín	con inoc	1405	15.50	23.4	317.16	1601.52
	S. Martín	sin inoc	1118	10.81	18.6	274.68	1537.96
	Altense	con inoc	807	14.94	21.3	338.40	1851.92
	Altense	sin inoc	778	9.72	12.6	223.52	1489.20
	Hunapú	con inoc	1184	14.84	21.0	335.52	1953.40
	Hunapú	sin inoc	793	9.25	15.7	283.16	1629.16
	Texel	con inoc	1017	12.56	19.5	253.40	1296.60
	Texel	sin inoc	719	8.15	14.6	173.68	1176.56
B IV	S. Martín	con inoc	911	12.11	18.7	307.52	1720.64
	S. Martín	sin inoc	474	8.21	10.5	241.68	1407.32
	Altense	con inoc	1070	15.38	23.0	284.16	1720.24
	Altense	sin inoc	886	14.40	20.9	226.16	1458.52
	Hunapú	con inoc	966	17.11	23.4	347.76	1891.24
	Hunapú	sin inoc	506	10.74	14.1	324.04	1979.84
	Texel	con inoc	1402	10.91	14.9	218.68	1457.04
	Texel	sin inoc	951	12.32	17.3	187.04	1295.20

Cuadro 15A Datos de campo para las variables respuesta en el ensayo de respuesta a la inoculación de Rhizobium en cuatro variedades de frijol negro, Patzicia. 1995.

Tratamientos		Nódulos			Mat. seca. (Kg/ha)	Rend.Grano. (Kg/ha)	
Factor A Variedad	Factor B Inoc.	Número	Peso (grs)	Volumen (ml)			
B I	S. Martín	Con inoc.	904	9.60	15.5	216.72	1260.56
	S. Martín	sin inoc.	755	6.20	11.3	255.28	1455.36
	Altense	con inoc.	915	12.79	18.4	279.20	1851.24
	Altense	sin inoc.	605	6.25	10.9	272.80	1643.88
	Hunapú	con inoc.	1106	14.03	19.8	316.16	1889.96
	Hunapú	sin inoc.	664	8.40	14.7	285.20	1710.76
	Texel	con inoc.	825	10.90	15.4	236.60	1269.32
	Texel	sin inoc.	583	7.25	12.7	166.08	1180.44
B II	S. Martín	con inoc.	1056	11.92	17.2	252.20	1346.68
	S. Martín	sin inoc.	653	6.12	12.1	205.08	1162.48
	Altense	con inoc.	688	7.30	11.8	303.20	1710.84
	Altense	sin inoc.	858	6.95	12.3	246.88	1583.68
	Hunapú	con inoc.	824	7.79	14.3	284.28	1805.64
	Hunapú	sin inoc.	642	7.46	11.5	331.92	1770.84
	Texel	con inoc.	917	9.45	14.8	194.24	1221.64
	Texel	sin inoc.	625	8.78	14.2	177.20	1248.16
B III	S. Martín	con inoc.	710	7.52	12.4	280.08	1684.36
	S. Martín	sin inoc.	698	7.68	11.4	181.84	1260.84
	Altense	con inoc.	745	8.82	14.6	327.08	1582.68
	Altense	sin inoc.	565	5.87	10.3	237.20	1505.16
	Hunapú	con inoc.	515	7.96	14.7	326.84	1965.96
	Hunapú	sin inoc.	701	9.87	15.1	264.72	1626.40
	Texel	con inoc.	696	6.06	12.9	220.28	1348.40
	Texel	sin inoc.	754	7.17	12.1	197.72	1054.24
B IV	S. Martín	con inoc.	623	7.67	12.1	261.16	1511.28
	S. Martín	sin inoc.	685	9.70	15.2	254.72	1084.36
	Altense	con inoc.	784	9.50	15.7	263.84	1793.16
	Altense	sin inoc.	542	7.98	12.4	288.12	1298.60
	Hunapú	con inoc.	884	12.61	17.0	350.56	1694.84
	Hunapú	sin inoc.	569	8.70	12.8	302.24	1576.92
	Texel	con inoc.	633	8.84	11.6	250.64	1286.32
	Texel	sin inoc.	797	9.47	14.1	219.08	878.52

Cuadro 16A Análisis de varianza para la variable número de nódulos a la floración de 10 plantas, Chimaltenango.

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	FT
Bloque	3	277508.75			
Tratam.	7	413365.00			
A	3	99035.25	33011.750	0.72	3.07
B	1	224784.63	224784.630	4.92 *	4.32
AB	3	89545.12	29848.373	0.65	3.07
Error	21	960173.25	45722.536		
Total	31	1651047.00			
C.V. = 24.27 %					

A = variedades de frijol

B = Cepas de Rhizobium (mezcla)

Cuadro 17A Análisis de varianza para la variable peso de nódulos a la floración de 10 plantas (grs), Chimaltenango.

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	FT
Bloque	3	20.222913			
Tratam.	7	91.271075			
A	3	33.046313	11.015438	2.31	3.07
B	1	53.070781	53.070781	11.15 *	4.32
AB	3	5.153981	1.717994	0.36	3.07
Error	21	99.994112	4.761624		
Total	31	211.488100			
C.V. = 18.53 %					

A = Variedades de frijol

B = Cepas de Rhizobium (mezcla)

Cuadro 18A Análisis de varianza para la variable volumen de nódulos a la floración de 10 plantas (cc), Chimaltenango.

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	FT
Bloque	3	40.753450			
Tratam.	7	126.787200			
A	3	29.260950	9.7536500	0.88	3.07
B	1	87.450325	87.4503250	7.85 *	4.32
AB	3	10.075925	3.3586417	0.30	3.07
Error	21	233.989060	11.1423360		
Total	31	401.529700			
C.V. = 19.41 %					

A = Variedades de frijol

B = Cepas de Rhizobium (mezcla)

Cuadro 19A Análisis de varianza para la variable Materia Seca a la floración de 10 plantas (Kg/ha), Chimaltenango.

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	FT
Bloque	3	765.0500			
Tratam.	7	36535.5570			
A	3	29650.0190	9883.33960	10.46 *	3.07
B	1	6333.7836	6333.78360	6.70 *	4.32
AB	3	551.7544	183.91812	0.20	3.07
Error	21	19843.4590	944.92664		
Total	31	57144.0660			
C.V. = 11.43 %					

A = Variedades de frijol

B = Cepas de Rhizobium (mezcla)

Cuadro 20A Análisis de varianza para la variable Rendimiento de grano (Kg/ha) al 14 % de humedad, Chimaltenango.

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	FT
Bloque	3	11172.276			
Tratam.	7	1091020.400			
A	3	979035.100	326345.0300	22.15 *	3.07
B	1	111453.830	111453.8300	7.56 *	4.32
AB	3	531.470	177.1567	0.01	3.07
Error	21	309474.900	14736.9000		
Total	31	1411667.600			
C.V. = 7.60 %					

A = Variedades de frijol

B = Cepas de Rhizobium (mezcla)

Cuadro 21A Análisis de varianza para la variable número de nódulos a la floración de 10 plantas, Patzicia.

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	FT
Bloque	3	94000.375			
Tratam.	7	163578.250			
A	3	9553.125	3184.3750	0.17	3.07
B	1	141645.060	141645.0600	7.73 *	4.32
AB	3	12380.065	4126.6883	0.23	3.07
Error	21	384596.380	18314.1120		
Total	31	642175.000			
C.V. = 18.41 %					

A = Variedades de frijol

B = Cepas de Rhizobium (mezcla)

Cuadro 22A Análisis de varianza para la variable peso de nódulos a la floración de 10 plantas (grs), Patzícia.

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	FT
Bloque	3	18.284988			
Tratam.	7	41.209175			
A	3	10.183212	3.3944042	1.00	3.07
B	1	26.118406	26.1184060	7.68 *	4.32
AB	3	4.907557	1.6358523	0.48	3.07
Error	21	71.422637	3.4010780		
Total	31	130.916800			
C.V. = 21.33 %					

A = Variedades de frijol

B = Cepas de Rhizobium (mezcla)

Cuadro 23A Análisis de varianza para la variable volumen de nódulos a la floración de 10 plantas (cc), Patzícia.

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	FT
Bloque	3	15.195950			
Tratam.	7	65.959700			
A	3	15.403450	5.1344833	1.37	3.07
B	1	38.500325	38.5003250	10.24 *	4.32
AB	3	12.055925	4.0186417	1.07	3.07
Error	21	78.931550	3.7586452		
Total	31	160.087200			
C.V. = 14.06 %					

A = Variedades de frijol

B = Cepas de Rhizobium (mezcla)

Cuadro 24A Análisis de varianza para la variable Materia Seca a la floración de 10 plantas (Kg/ha), Patzícia.

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	FT
Bloque	3	2850.8685			
Tratam.	7	53331.9880			
A	3	46062.5030	15354.1680	20.99 *	3.07
B	1	7110.3032	7110.3032	9.72 *	4.32
AB	3	158.8818	52.9606	0.07	3.07
Error	21	15363.9060	731.61457		
Total	31	71546.4620			
C.V. = 10.49 %					

A = Variedades de frijol

B = Cepas de Rhizobium (mezcla)

Cuadro 25A Análisis de varianza para la variable Rendimiento de grano (Kg/ha) al 14 % de humedad, Patzicia.

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	FT
Bloque	3	90433.368			
Tratam.	7	1921382.500			
A	3	1601091.900	533697.2900	31.93 *	3.07
B	1	316457.940	316457.9400	18.93 *	4.32
AB	3	3832.660	1277.5533	0.08	3.07
Error	21	351003.580	16714.456		
Total	31	2362819.400			
C.V. = 8.75 %					

A = Variedades de frijol

B = Cepas de Rhizobium (mezcla)

Al efectuar el cálculo de la rentabilidad para cada uno de los tratamientos evaluados, se obtubieron los resultados que se presentan en los cuadros 27 A y 28 A; pero existen algunos aspectos del análisis que se deben aclarar, por ejemplo:

- Costo por jornal de 8 hrs./día en las localidades = Q. 20.00
- Costo de la semilla = Q. 10.12/Kg.
- Costo del fertilizante Nitrógeno = Q. 1.87/Kg.
- Costo del fertilizante Fósforo = Q. 2.09/Kg.
- Costo del fertilizante Potasio = Q. 2.09/Kg.
- Costo Furadan 5 G.R. = Q. 23.50/Kg.
- Costo Tamaron 600 SL = Q. 52.00/Lt.
- Costo Dhitane M-45 = Q. 30.50/Kg
- Costo Adherente 810 = Q. 9.25/Lt.
- Costo del Inoculante = Q. 51.00/Kg.
- Costo de Goma Arábica = Q. 190.00/Kg.
- Costo de CaCO₃ (carbonato de calcio) = Q. 20.00/Kg.

Cuadro 26A Cantidad de insumos que se utilizó en cada localidad para el ensayo del cultivo de frijol.

Fertilizante	Nitrógeno	25 Kg/ha.
	Fósforo	45 Kg/ha.
	Potasio	45 Kg/ha.
Semilla	Variedad San Martín	68.17 Kg/ha.
	Variedad Altense	52.24 Kg/ha.
	Variedad Hunapú	60.07 Kg/ha.
	Variedad Texel	58.09 Kg/ha.
Pesticidas	Furadan 5 G.R.	30.00 Kg/ha.
	Tamaron 600 SL	1.50 Lt/ha.
	Dhitane M-45	2.50 Kg/ha.
	Adherente 810	0.83 Lt/ha.
Inoculante (mezcla de cepas CIAT 57, CIAT 151 Y CIAT 632)	0.68 Kg/ha.	Variedad San Martín
	0.52 Kg/ha.	Variedad Altense
	0.50 Kg/ha.	Variedad Hunapú
	0.58 Kg/ha.	Variedad Texel
Goma Arábica	0.15 Kg/ha.	Variedad San Martín
	0.12 Kg/ha.	Variedad Altense
	0.14 Kg/ha.	Variedad Hunapú
	0.13 Kg/ha.	Variedad Texel
CaCO ₃ (Carbonato de calcio)	0.32 Kg/ha.	Variedad San Martín
	0.26 Kg/ha.	Variedad Altense
	0.29 Kg/ha.	Variedad Hunapú
	0.28 Kg/ha.	Variedad Texel

Cuadro 27A. Análisis económico en el ensayo de respuesta a la inoculación de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* en 4 variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en la localidad Chimaltenango, 1995.

	San Martín con inoc.	San Martín sin inoc.	Altense con inoc.	Altense sin inoc.	Hunapú con inoc.	Hunapú sin inoc.	Texel con inoc.	Texel sin inoc.
I. Costos Directos								
Mano de obra								
a. Preparación de la tierra	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00
b. Desinfestación de la tierra	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
c. Fertilización	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
d. Siembra	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00
e. Limpias	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00
f. Aplicación de pesticidas	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
g. Cosecha y aporreo	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00
subtotal	1890.00	1890.00	1890.00	1890.00	1890.00	1890.00	1890.00	1890.00
Insusos								
a. Semilla	689.88	689.88	528.67	528.67	607.91	607.91	587.87	587.87
b. Fertilizante	234.87	234.87	234.87	234.87	234.87	234.87	234.87	234.87
c. Pesticidas	866.92	866.92	866.92	866.92	866.92	866.92	866.92	866.92
d. Inoculante	34.68	00.00	26.52	00.00	30.60	00.00	29.58	00.00
e. Goma arábica	28.50	00.00	22.28	00.00	26.60	00.00	24.70	00.00
f. CaCO ₃	6.40	00.00	5.20	00.00	5.80	00.00	5.60	00.00
subtotal	1861.25	1791.67	1684.46	1630.46	1772.70	1709.70	1749.54	1689.66
Total Costos Directos	3751.25	3681.67	3574.46	3520.46	3662.70	3599.70	3639.54	3579.66
II. Costos Indirectos								
a. Interés (10% TCD)	375.12	368.17	357.45	352.05	366.27	359.97	363.95	357.97
b. Gastos por Admon. (10% TCD)	375.12	368.17	357.45	352.05	366.27	359.97	363.95	357.97
c. Derechos a la salud (2.5 % de la mano de obra)	47.25	47.25	47.25	47.25	47.25	47.25	47.25	47.25
d. Renta de la tierra (6 meses)	675.00	675.00	675.00	675.00	675.00	675.00	675.00	675.00
Total Costos Indirectos	1472.44	1458.59	1437.15	1426.35	1454.79	1442.19	1450.15	1438.19
III. Costos Totales	5223.74	5140.26	5011.61	4946.81	5117.49	5041.89	5089.69	5017.85
IV. Producción Kg/ha.	1633.19	1519.97	1688.10	1558.21	1893.44	1785.15	1407.22	1286.49
V. Costo por qq (45.45 Kg)	145.39	153.72	134.94	144.31	122.89	128.39	164.40	177.31
VI. Ingreso Bruto	7186.04	6687.87	7427.64	6856.12	8331.14	7854.66	6191.77	5660.56
VII. Ingreso Neto	1962.30	1547.61	2416.03	1909.31	3213.65	2812.77	1102.08	642.71
VIII. Rentabilidad	37.57 %	30.11 %	48.21 %	38.60 %	62.80 %	55.79 %	21.65 %	12.81 %

Nota: A excepción de Rentabilidad y producción en Kg/ha., todos los demás datos están expresados en Quetzales/hectárea.

Cuadro 28A. Análisis económico en el ensayo de respuesta a la inoculación de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* en 4 variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en la localidad Patzicia, 1995.

	San Martín con inoc.	San Martín sin inoc.	Altense con inoc.	Altense sin inoc.	Hunapú con inoc.	Hunapú sin inoc.	Texel con inoc.	Texel sin inoc.
I. Costos Directos								
Mano de obra								
a. Preparación de la tierra	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00
b. Desinfestación de la tierra	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
c. Fertilización	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
d. Siembra	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00
e. Limpias	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00
f. Aplicación de pesticidas	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
g. Cosecha y aporreo	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00
subtotal	1890.00	1890.00	1890.00	1890.00	1890.00	1890.00	1890.00	1890.00
Insumos								
a. Semilla	689.88	689.88	528.67	528.67	607.91	607.91	587.87	587.87
b. Fertilizante	234.87	234.87	234.87	234.87	234.87	234.87	234.87	234.87
c. Pesticidas	866.92	866.92	866.92	866.92	866.92	866.92	866.92	866.92
d. Inoculante	34.68	00.00	26.52	00.00	30.60	00.00	29.58	00.00
e. Goma arábica	28.50	00.00	22.28	00.00	26.60	00.00	24.70	00.00
f. CaCO ₃	6.40	00.00	5.20	00.00	5.80	00.00	5.60	00.00
subtotal	1861.25	1791.67	1684.46	1630.46	1772.70	1709.70	1749.54	1689.66
Total Costos Directos	3751.25	3681.67	3574.46	3520.46	3662.70	3599.70	3639.54	3579.66
II. Costos Indirectos								
a. Interés (10 % TCD)	375.12	368.17	357.45	352.05	366.27	359.97	363.95	357.97
b. Gastos por admón. (10 % TCD)	375.12	368.17	357.45	352.05	366.27	359.97	363.95	357.97
c. Derechos a la salud (2.5 % de la mano de obra)	47.25	47.25	47.25	47.25	47.25	47.25	47.25	47.25
d. Renta de la tierra (6 meses)	675.00	675.00	675.00	675.00	675.00	675.00	675.00	675.00
Total Costos Indirectos	1472.49	1458.59	1437.15	1426.35	1454.79	1442.19	1450.15	1438.19
III. Costos totales	5223.74	5140.26	5011.61	4946.81	5117.49	5041.89	5089.69	5017.85
IV. Producción Kg/ha.	1450.72	1240.76	1734.48	1507.83	1839.10	1671.23	1281.42	1090.34
V. Costo por qq (45.45 Kg.)	163.65	188.29	131.33	149.14	126.48	137.12	180.55	209.16
VI. Ingreso Bruto	6383.17	5459.34	7631.71	6634.45	8092.04	7353.41	5638.25	4797.50
VII. Ingreso Neto	1159.43	319.08	2620.10	1687.64	2974.55	2311.52	548.56	-220.35
VIII. Rentabilidad	22.20 %	6.21 %	52.28 %	34.12 %	58.12 %	45.85 %	10.78 %	- 4.39 %



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
 AGRONOMICAS

Ref. Sem.041-96

LA TESIS TITULADA: "RESPUESTA A LA INOCULACION DE Rhizobium leguminosarum
 biovar phaseoli EN 4 VARIETADES DE FRIJOL NEGRO (Phaseolus
vulgaris L.) CON POTENCIAL DE COMERCIALIZACION EN EL ALTI-
 PLANO CENTRAL".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JOSE ROMEO QUIÑONEZ MORALES

CARNET No: 8110140

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Gustavo Alvarez
 Ing. Agr. Edil Rodríguez

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha
 cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía
 de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

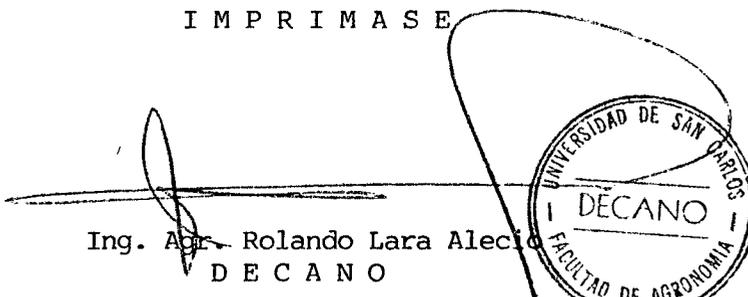

 Ing. M.Sc. Rolando Aguilera
 ASESOR


 Ing. Agr. Juan José Soto
 ASESOR


 Ing. Agr. Fernando Rodríguez
 DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E


 Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 D E C A N O



cc: Control Académico
 Archivo
 FR/prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770