

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

RESPUESTA DE FRIJOL MUNGO (*Vigna radiata*) A LA INOCULACION DE TRES CEPAS DE
Rhizobium Spp. EN LA FINCA SABANA GRANDE, ESCUINTLA, GUATEMALA.

TESIS

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

POR

MANASES ISAI MARTINEZ HERRERA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1,995.

RECORDED BY LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

DR. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. ROLANDO LARA ALECIO
VOCAL I	Ing. Agr. JUAN JOSÉ CASTILLO MONTT
VOCAL II	Ing. Agr. WALDEMAR NUFIO REYES
VOCAL III	Ing. Agr. CARLOS ROBERTO MOTTA DE PAZ
VOCAL IV	P. Agrícola HENRY ESTUARDO ESPAÑA MORALES
VOCAL V	Br. MYNOR JOAQUIN BARRIOS OCHAETA
SECRETARIO a.i	Ing. Agr. GUILLERMO E. MÉNDEZ BETETA

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Guatemala, Noviembre de 1,995.

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

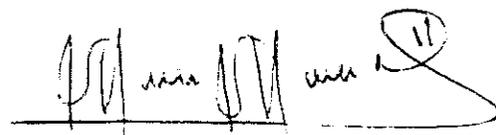
Señores miembros:

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

RESPUESTA DE FRIJOL MUNGO (*Vigna radiata*) A LA INOCULACION DE TRES CEPAS DE *Rhizobium* Spp. EN LA FINCA SABANA GRANDE, ESCUINTLA, GUATEMALA.

Al presentarlo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,



MANASES ISAI MARTINEZ HERRERA

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

ACTO QUE DEDICO

A MIS PADRES

Miguel Angel Martínez Rivas
Aria Agustina Herrera Chavez

A MIS HERMANOS

Eli Martínez Herrera (QEPD)
Especialmente a Natanael

A MI ESPOSA

Alma Azucena Guerra Espina

A MI HIJA

Andrea Beatriz Martínez Guerra

A MI PUEBLO

San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango

A MI CENTRO SUPERIOR
DE ENSEÑANZA

Facultad de Agronomía de la Universidad de
San Carlos de Guatemala

A MIS AMIGOS

En General.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento sincero a mis asesores Ing. Agr. M. Sc. Rolando Aguilera Mejía, Ing. Agr. M. Sc. José Antonio Zuñiga Armas, Ing. Agr. Pedro Julio García Chacón, por su orientación en el presente trabajo de tesis.

Al Centro Universitario del Sur (CUNSUR) Escuintla, especialmente al personal de campo, por la ayuda proporcionada para la ejecución de la presente investigación.

Al laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía, por proporcionar el mobiliario, equipo y reactivos para llevar a cabo la presente investigación.

A la Dirección General de Correos y Telégrafos, por haberme facilitado la realización de mis estudios Universitarios.

A todas aquellas personas, que de una u otra forma colaboraron en la realización de ésta tesis.

CONTENIDO

PAGINA

CONTENIDO	i
INDICE DE FIGURAS	iii
INDICE DE CUADROS	iv
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEORICO	3
3.1. MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1. Las leguminosas	3
3.1.2. Origen del frijol mungo	3
3.1.3. Atributos nutritivos del frijol mungo	4
3.1.4. Características agronómicas del frijol mungo	5
3.1.5. Importancia de la fijación biológica de nitrógeno	5
3.1.6. Organismos que fijan nitrógeno	6
3.1.6.1. Los rhizobios	6
3.1.7. La simbiosis leguminosa rhizobium	7
3.1.8. Características de los nódulos	8
3.1.9. Terminología descriptiva de la simbiosis leguminosa rhizobio	9
3.1.10. La importancia de inoculación en diferentes condiciones ambientales	10
3.1.11. Conservación de cepas y evaluación de inóculos	10
3.1.11.1. Liofilización	10
3.1.11.2. Evaluación de calidad de los inoculantes	11
3.1.12. Parámetros para las evaluaciones de campo	12
3.1.13. Elementos minerales importantes en la fijación biológica de nitrógeno	13
3.1.14. Prácticas culturales para la siembra de leguminosas inoculadas	13
3.2. MARCO REFERENCIAL	13
3.2.1. Características históricas del lugar	13
3.2.2. Características geográficas	14
4. OBJETIVOS	16
5. HIPOTESIS	16
6. METODOLOGIA	17
6.1. Localización del área experimental	17
6.2. Origen de los materiales experimentales	17
6.3. Preparación de los materiales experimentales	17
6.4. Trabajo de campo	19
6.5. Diseño del experimento	19
6.6. Distribución de los tratamientos evaluados	19
6.7. Parcela bruta y parcela neta	19
6.8. Inoculación a la semilla	20
6.9. Siembra	20
6.10. Control de malézas	20
6.11. Control fitosanitario	20
6.12. Cosecha	21
6.13. Variables de respuesta	21

6.14.	Determinación de las variables de respuesta	22
6.15.	Registro de la información	22
6.16.	Análisis del diseño	22
7.	RESULTADOS Y DISCUSION	23
7.1.	Variables de materia seca y porcentaje de nitrógeno de la parte aérea de la planta	23
7.2.	Variable de rendimiento de grano	24
7.3.	Variable del número, peso y volumen aparente de nódulos	26
8.	CONCLUSIONES	28
9.	RECOMENDACIONES	29
10.	BIBLIOGRAFIA	30
11.	APENDICES	32

INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
1. Rendimiento de grano al 14% de humedad en promedio, de cada cepa y el testigo, evaluadas en el cultivo de frijol mungo.....	27
2A. Ubicación geográfica de la zona de estudio	33
3A. Parcela bruta y parcela neta directamente en el campo	34

INDICE DE CUADROS

	PAGINA
1. Contenido de aminoácidos de dos leguminosas (frijol mungo y soya) y de huevo entero en (Mg/g de nitrógeno), 1,977 (12).	4
2. Labores efectuadas durante el ciclo de desarrollo del cultivo de frijol mungo y sus fechas de ejecución	21
3. Promedio de resultados de materia seca obtenidos de 12 plantas de frijol mungo, y el contenido de nitrógeno de la parte aérea en 100 gramos de muestra	24
4. Promedio de resultados de rendimiento en gramos, de grano al 14% de humedad, obtenidos: del total de plantas cosechadas, de población corregida y rendimiento en Kg/Ha.....	25
5. Promedio de resultados obtenidos de 12 plantas de frijol mungo, para las variables de respuesta de número, peso y volumen aparente de nódulos	27
6A. Análisis de varianza del peso seco de la parte aérea (gr/12 plantas).....	35
7A. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno de la parte aérea (en porcentaje de nitrógeno), en 100 gramos de muestra	35
8A. Análisis de varianza del rendimiento de grano en base al número total de plantas cosechadas de frijol mungo al 14% de humedad	36
9A. Análisis de varianza del rendimiento de grano por parcela de 5.6 m ² con población corregida de frijol mungo (en gramos)	36
10A. Análisis de varianza del número de nódulos de 12 plantas de frijol mungo	37
11A. Análisis de varianza del peso de nódulos de 12 plantas de frijol mungo (en gramos) ..	37
12A. Análisis de varianza del volumen aparente de nódulos de 12 plantas de rijo l mungo en cc.	38
13A. Valores de materia seca (en gramos) de la parte aérea de 12 plantas de frijol mungo (<i>Vigna radiata</i>) obtenidos de cada tratamiento dentro de cada repetición, así como las medias de cada tratamiento	38
14A. Valores del contenido de nitrógeno (en porcentaje) en 100 gramos de muestra de la parte aérea de la planta de frijol mungo (<i>Vigna radiata</i>) obtenidos de cada tratamiento dentro de cada repetición, así como las medias de cada tratamiento	39

15A. Valores de rendimiento de grano (en gramos), del número total de plantas de frijol mungo (<i>Vigna radiata</i>) cosechadas en cada tratamiento dentro de cada repetición, así como las medias de cada tratamiento.....	39
16A. Valores de rendimiento de grano (en gramos) por parcela de 5.6 m ² de frijol mungo (<i>Vigna radiata</i>) cosechado en cada tratamiento dentro de cada repetición, así como las medias de cada tratamiento.....	40
17A. Valores del número de nódulos de las raíces de 12 plantas de frijol mungo (<i>Vigna radiata</i>) obtenidos de cada tratamiento, dentro de cada repetición, así como las medias de cada tratamiento.....	40
18A. Valores del peso de nódulos (en gramos) de las raíces de 12 plantas de frijol mungo (<i>Vigna radiata</i>) obtenidos de cada tratamiento, dentro de cada repetición, así como las medias de cada tratamiento.....	41
19A. Valores del volumen aparente de nódulos (en cc.) de 12 plantas de frijol mungo (<i>Vigna radiata</i>) obtenidos en cada tratamiento, dentro de cada repetición, así como las medias de cada tratamiento.....	41

"RESPUESTA DE FRIJOL MUNGO (*Vigna radiata*) A LA INOCULACION DE TRES CEPAS DE *Rhizobium* Spp. EN LA FINCA SABANA GRANDE, ESCUINTLA, GUATEMALA."

"MUNGO BEAN (*Vigna radiata*) RESPONSE TO INOCULATION OF THREE STRAINS OF *Rhizobium* Spp. AT THE SABANA GRANDE FARM, ESCUINTLA, GUATEMALA."

RESUMEN

El frijol mungo (*Vigna radiata*), tiene la capacidad de asociarse en forma simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* y fijar nitrógeno atmosférico, por lo que manejando adecuadamente este proceso, se puede tener un ahorro parcial de fertilizantes nitrogenados y disminuir la contaminación por aplicación de químicos al suelo. En tal sentido, se estableció la respuesta de frijol mungo a la inoculación con las cepas específicas de *Rhizobium* TAL 209, 420 y 441 con fines de determinar la infectividad y efectividad de éstas cepas al ser inoculadas al frijol mungo. El planteamiento y ejecución del presente trabajo de investigación, surgió a raíz de que en Guatemala, no existe información sobre la simbiosis leguminosa-*Rhizobium* en el cultivo de frijol mungo.

La parte metodológica consistió de dos fases, una de laboratorio y la otra de campo. En la fase de laboratorio se propagaron las cepas enviadas por el Proyecto NifTAL Hawaii hasta lograr la concentración de células de *Rhizobium* deseada. En la fase de campo, se trazó un diseño en bloques al azar con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones y un total de 16 unidades experimentales.

Se concluyó, que el frijol mungo es una especie promiscua, ya que se encontraron en la raíz de la planta nódulos de *Rhizobium* provenientes del área de estudio, en la cual nunca antes se había sembrado y mucho menos inoculado éste cultivo. Los nódulos provenientes de la inoculación se concentraron en la corona de la raíz y raíces secundarias.

La cepa con mejor capacidad de fijación biológica de nitrógeno, fue la cepa TAL 441, que reportó en todas las variables de respuesta evaluadas los promedios mas altos. En rendimiento de grano al 14 % de humedad, ésta cepa superó al testigo en 430.91 Kg/Ha, lo cual significa un 29.25 % más de rendimiento. En futuros ensayos de simbiosis en frijol mungo, es importante evaluar las cepas utilizadas en éste trabajo de investigación bajo otras condiciones de suelo, lugar y tiempo.

1. INTRODUCCION

El cultivo de frijol mungo (*Vigna radiata*) es una leguminosa herbácea de origen Indú, el alto contenido de proteína que posee (23.9 %) ha llevado a países como la India y China a cultivarlo en grandes extensiones (2).

En los países latinoamericanos y específicamente en Guatemala, son casi desconocidas las bondades agronómicas de éste cultivo.

Guatemala, principalmente el área rural basa la alimentación en el consumo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L), pero en la actualidad existen factores que limitan la producción, como lo son, el incremento de los costos para producirlo específicamente en lo que respecta a la fertilización química. Ante ésta problemática se hace necesario tecnificar un nuevo cultivo y poder ofrecerlo en el futuro como una alternativa alimentaria de alto valor biológico y de bajo costo.

El frijol tiene la capacidad de asociarse en forma simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* y fijar nitrógeno atmosférico, por lo que, mediante el manejo adecuado de dicho proceso, se puede obtener un ahorro parcial de los fertilizantes nitrogenados. Guedes (15), indica que debido a la crisis energética a partir de 1,973 causada por el aumento del costo de los hidrocarburos, se hace interesante el estudio de la asociación simbiótica *Rhizobium*-Leguminosa. La búsqueda de respuesta a una acción simbiótica, que reduzca la necesidad de aplicar nitrógeno químico al suelo como fuente de nutrientes, redundará indiscutiblemente en una economía así como a la disminución de contaminantes por aplicación de químicos al suelo.

En tal sentido, se estableció la inoculación a la semilla de frijol mungo con bacterias específicas del género *Rhizobium*, con fines de generar conocimiento sobre la fijación biológica de nitrógeno dada por la asociación simbiótica *Rhizobium*-Leguminosa.

La ejecución de éste trabajo de investigación, se realizó en la unidad docente productiva "Sabana Grande", Escuintla, ubicada en la parte sur del país.

El ciclo de cultivo duró sesenta y siete días a partir de la siembra hasta la cosecha, durante el periodo comprendido del 17 de agosto al 23 de octubre de 1,994.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

Cuando se trata de resolver el problema de la desnutrición en los sectores desposeídos de la población y en general de los países latinoamericanos, en donde existen bajos suministros de proteína, de inmediato aparecen las leguminosas como una solución inmediata al problema (12).

El planteamiento y ejecución del presente trabajo de investigación, surgió a raíz de que en Guatemala no existe información sobre la simbiosis leguminosa- *Rhizobium* en el cultivo del frijol mungo (*Vigna radiata*) además por el alto costo que significa en la actualidad producir el frijol común (*Phaseólus vulgaris* L) así como otras leguminosas de grano para la alimentación.

El Centro Universitario del sur (CUNSUR), como unidad académica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con fines de tecnificar el frijol mungo en Guatemala, ha generado información básica acerca de éste cultivo en la parte Sur del país, pero no había sido evaluado dentro de los aspectos de tecnificación del cultivo, las bondades que representa para el agricultor, el uso de cepas eficientes para fijar nitrógeno atmosférico (13).

Considerando todo lo anteriormente expuesto, el presente trabajo de investigación evaluó la respuesta del frijol mungo (*Vigna radiata*), a la inoculación de 3 cepas específicas de *Rhizobium*, con características de ser altamente infectivas y efectivas, y con ello, obtener información que permita producir en Guatemala el inóculo que mejor se halla comportado en el frijol mungo.

La evaluación de la nodulación es muy útil cuando es analizáda en diferentes tratamientos conjuntamente con el rendimiento de nitrógeno y los parámetros que se pueden tomar en cuenta son los siguientes: el número, el peso y la distribución. Durante la fase vegetativa, la actividad de fijación de nitrógeno alcanza un máximo y luego declina cuando se inicia la competencia por carbohidratos para la producción de semillas. La bacteria reduce los nitratos a amonio y luego lo incorpora a la planta en forma de biopolímeros nitrogenados. El amonio formado es asimilado en forma de aminoácidos y la enzima encargada de catalizar la reacción es la nitrogenasa (16).

3. MARCO TEORICO

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. LAS LEGUMINOSAS

Las leguminosas son una familia muy amplia, poseen alrededor de 750 géneros y 20,000 especies, incluyendo tanto plantas cultivadas como numerosos árboles, plantas herbáceas y arbustos que juegan un papel importante dentro de varios ecosistemas. Las plantas de ésta familia presentan particular importancia en la alimentación humana (granos) o animal (forrajes), al igual que en la economía del nitrógeno del suelo, ya que la mineralización de sus residuos constituye un aporte de nitrógeno disponible (15).

Las leguminosas se caracterizan por poseer hojas compuestas aunque algunas solamente las tienen en su estado juvenil, como *Acacia* Spp., *Clitoria* Spp., frutos en forma de vaina y en la mayoría de ellas, nódulos radicales fijadores de nitrógeno (6).

La familia de las leguminosas, posee 3 sub-familias: MIMOSACEAS, con mas de 50 géneros y 2,900 especies, adaptadas a las regiones tropicales. La mayoría son arbustos y árboles con muy pocas plantas herbáceas. Casi todas las especies estudiadas de ésta sub-familia, forman nódulos. Entre los géneros con mayor número de especies están: *Inga*, *Albizia*, *Acacia*, *Mimosa*. CESALPINACEAS, adaptadas a las regiones tropicales, la mayoría son árboles y arbustos. Posee alrededor de 100 géneros y 1,800 especies, pocas de las especies estudiadas forman nódulos (alrededor de un 30%). Entre los géneros mas conocidos de ésta sub-familia están: *Copaifera*, *Cassia*, *Caesalpinia*, *Tamariundus*. PAPILONACEAS: Contiene aproximadamente unos 400 géneros y 14,000 especies en el mundo, dentro de las cuales se encuentran casi todas las leguminosas de importancia agrícola. Son plantas herbáceas, raramente arbustos o árboles, y la mayoría de ellas forman nódulos fijadores de nitrógeno. Entre sus géneros mas importantes están: *Lupinus*, *Lotus*, *Arachis*, *Pisum*, *Phaseolus*, *Vigna*, *Glycine*, *Centrosema*, *Pueraria*, *Stylosanthes* etc. (15).

3.1.2. ORIGEN DEL FRIJOL MUNGO

El frijol mungo (*Vigna radiata*), es una leguminosa herbácea anual, originaria de la India, tiene un periodo de maduración breve, se cultiva extensamente en la India, Irán, Malacia, Africa Oriental y Grecia,

es una leguminosa importante de la zona tropical de la India. Es frecuente que sus semillas se coman después de germinadas. Esta planta también se cultiva como fuente de abono verde. Se considera que en la actualidad puede ser introducida en nuevas áreas o nuevas regiones del mundo con el fin de contribuir a frenar las deficiencias nutricionales (2).

3.1.3. ATRIBUTOS NUTRITIVOS DEL FRIJOL MUNGO

El frijol mungo tiene atributos agronómicos que lo hacen ser una de las leguminosas de gran importancia, ya que aporta al menor costo (Q. 1.84/100 g) proteína de alta calidad, con una digestibilidad del 81%, un valor biológico del orden del 70%, además, es importante mencionar que en términos de rendimiento de proteína por hectárea, va mas allá del maíz, arroz, manía y otros (12,13).

El contenido de aminoácidos del frijol mungo, comparado con el contenido de aminoácidos de la soya y el huevo entero, pueden apreciarse en el cuadro 1.

CUADRO 1. Contenido de aminoácidos de dos leguminosas (frijol mungo y soya) y de huevo entero en (Mg/g de nitrógeno), 1,977 (12).

AMINOACIDOS	Isoleusina	Leusina	Lisina	Metionina	treonina	Triptofano
CULTIVO						
F. Mungo	223	441	504	77	209	50
F. Soya	284	486	399	162	242	78
Huevo Entero	393	551	436	363	320	93

Es importante mencionar que el incremento del ácido ascórbico es significativo después de haber germinado el frijol mungo. Las leguminosas germinadas han sido utilizadas como factor antiescorbútico basicamente en su forma germinada. Los rendimientos de proteína por unidad de área son satisfactorios (0.55 TM/Ha) y por ser de origen vegetal la proteína es mas barata que la que procede de origen animal, encontrándose la proteína de origen vegetal entre un rango de 17% a 38% (11,13).

3.1.4. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DEL FRIJOL MUNGO

El frijol mungo germina a los 5 días después de la siembra, la floración se inicia a los 37 días aproximadamente después de sembrado el cultivo y completa su ciclo de vida a los 62 días. La planta alcanza una altura de 0.32 metros, con tallos herbáceos, flor de color amarillo, el fruto es una vaina, grano de color verde pálido y la raíz alcanza una profundidad de 0.20 a 0.30 metros de profundidad. Los rendimientos que se han obtenido en la India son de 2,228.57 Kg/Ha (11,13).

3.1.5. IMPORTANCIA DE LA FIJACION BIOLOGICA DE NITROGENO

Los fertilizantes nitrogenados son ampliamente utilizados para corregir la deficiencia de nitrógeno y obtener mejores rendimientos en las cosechas. Sin embargo, debido a los altos precios alcanzados ultimamente por el petróleo y gas natural (Recursos energéticos que son materia prima para la elaboración de fertilizantes nitrogenados), han creado la necesidad de buscar alternativas para sustentar rendimientos adecuados, especialmente en zonas agrícolas marginales (5).

El proceso industrial utilizado para la fabricación de fertilizantes nitrogenados, denominado proceso de Haber-Bosch, tiene una alta demanda de fuentes energéticas debido a dos requerimientos: PRIMERO, el proceso requiere hidrógeno diatómico (H_2) para la reacción con N_2 que normalmente se provee a través de la descomposición de carbohidratos fósiles, como gas natural o petróleo. SEGUNDO, el proceso industrial requiere temperaturas elevadas (300 a 600 grados centígrados) y alta presión (20 a 80 mPa) para activar la reacción (2).

La fijación biológica de nitrógeno también es un proceso que involucra alta demanda de energía, pero ésta se obtiene de la radiación solar bajo condiciones ambientales. Esto se logra gracias a la alta eficiencia de la enzima nitrogenasa, que actúa como catalizador de la reacción. De aquí se origina la gran importancia que tiene para la agricultura el proceso de la fijación biológica de nitrógeno y la necesidad de implementar una tecnología adecuada para maximizar el aprovechamiento de la simbiosis dada por la asociación Rhizobium-Leguminosa (8).

3.1.6. ORGANISMOS QUE FIJAN NITROGENO

Ciertos organismos procarióticos del suelo son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. Algunos de éstos microorganismos son de vida libre, mientras que otros forman asociaciones simbióticas con las plantas superiores, con hongos o con helechos como en el caso de Anabaena, con el alga Azolla y el Rhizobium con las plantas leguminosas (25).

Los diferentes microorganismos capaces de fijar nitrógeno obtienen la energía requerida a partir de varias fuentes, directamente de la fotosíntesis (en el caso de las algas verde-azules) o indirectamente de carbohidratos producidos por la fotosíntesis. En éste último caso los microorganismos obtienen los carbohidratos por su localización dentro de la planta, en la rizósfera, o de sustratos orgánicos en el suelo, el agua etc. (25).

3.1.6.1. Los Rhizobios

Los rhizobios son bacterias del suelo caracterizadas por su habilidad única para infectar plantas leguminosas e inducir nódulos efectivos fijadores de nitrógeno que se forman sobre las raíces. Hasta el año 1,984 la familia Rhizobiaceae incluía dos géneros, Rhizobium y Agrobacterium. El género Rhizobium, se subdividió en dos grupos teniendo en cuenta la tasa de crecimiento y la producción de acidéz o alcalinidad en medio de levadura manitol (LM), la disposición de los flagelos, la composición de la base del ADN y los géneros de plantas hospedantes que son noduladas. Se ubicaron las bacterias de crecimiento lento que producen alcalinidad en medio LM en el género Bradyrhizobium. Las bacterias de rápido crecimiento que producen acidéz en medio LM se dejaron en el género Rhizobium (15).

Los rhizobios de ambos géneros son bastones de 0.5 a 0.9 por 1.2 a 3.0 μm , pero se toman polimórficos en ciertas condiciones de crecimiento. Son bacterias móviles, aeróbicas y gram negativas que no forman esporas. La temperatura y pH óptimos para su crecimiento están entre 25-30 grados centígrados y 6 a 7 de pH respectivamente. Existe cierta especificidad en la simbiosis entre los rhizobios y las plantas hospedantes (8).

3.1.7. LA SIMBIOSIS LEGUMINOSA RHIZOBIO

La relación entre los rhizobios y la leguminosa, constan de varias etapas que se describen a continuación:

a) Vida libre y multiplicación en la rizósfera

Los rhizobios son capaces de vivir heterotróficamente en el suelo, bajo éstas condiciones, las cepas de rhizobio varían en su tolerancia al calor, al déficit de humedad y a los valores extremos de pH, lo cual afecta la habilidad de las cepas individuales para sobrevivir y persistir en el campo en ausencia de su leguminosa hospedante. Una vez que una planta hospedante inicia el crecimiento, en la rizósfera se crean condiciones favorables para la multiplicación de los rhizobios. Con ésto se inicia el proceso que conduce a la simbiosis (8).

b) Infección y formación de nódulos

Generalmente, el proceso de infección ocurre a través de los pelos radicales, los rhizobios se multiplican sobre la superficie de la raíz, y el pelo radical se curva. Los rhizobios penetran entonces a través de un hilo de infección, el hilo de infección crece dentro de la corteza de la raíz, lo cual permite que los rhizobios penetren en las células corticales. Estas células junto con los rhizobios, empiezan a multiplicarse para formar el nódulo (16).

El estímulo de crecimiento de la bacteria en la rizósfera parece no ser específico sino general tanto para cepas capaces de infectar la leguminosa como para muchos microorganismos, aunque existen casos en los cuales las secreciones radicales estimulan selectivamente a las cepas de rhizobios del grupo infectivo asociado con la planta. Trabajos con *R. japonicum*, sugirieron la participación de las lectinas (proteínas o glicoproteínas con capacidad de reconocer y unirse a ciertos azúcares en una forma muy específica) en la adsorción selectiva del rhizobio a las raíces de las leguminosas. La lectina forma un puente que une al rhizobio con la leguminosa. Luego ocurre una deformación extrema en la cual la punta del pelo radical se tuerce en 180 grados formando el "callado del pastor" ésta deformación es observada únicamente en las combinaciones Rhizobium-Leguminosa y es producida por un factor que parece estar unido a la superficie de la bacteria (16).

La teoría que es más aceptada es aquella en la cual el rhizobio produce un polisacárido determinado que induce la producción de poligalacturonasa por la planta con el consecuente ablandamiento de la pared del pelo radical y formación del hilo infectivo (15).

c) Función de los nódulos

Además de la energía requerida para la formación de su mantenimiento, la actividad de fijación de nitrógeno también depende de un suministro adecuado de carbohidratos por parte de la planta. El suministro de carbohidratos varía con el ciclo de vida de la planta. Durante la fase vegetativa, la actividad de fijación de nitrógeno alcanza un máximo y luego declina cuando se inicia la competencia por carbohidratos para la producción de semillas. Los cambios en la tasa de fotosíntesis son causados por varios factores tales como luz, temperatura, humedad, etc. (8).

d) Muerte del nódulo

La muerte del nódulo es causada por la senescencia de la planta, o por otros factores adversos que afectan su crecimiento vegetativo, como la sequía, inundación, deficiencias nutricionales y cortes o pastoreo fuerte (21).

3.1.8. CARACTERÍSTICAS DE LOS NODULOS

Los nódulos determinados tienen un meristema de corta vida y son de forma esférica, los nódulos indeterminados tienen un meristema persistente y son de forma alargada, y pueden ser ramificados. Los rhizobios presentes en ambos tipos de nódulos son pleomórficos y se conocen como bacteroides. Los bacteroides contienen nitrogenasa, la enzima que les permite fijar nitrógeno. De uno a ocho bacteroides pueden estar incluidos en una membrana peribacteroide. La leghemoglobina se localiza entre esta membrana y las células bacteroides, y desde allí cumple su importante función de suministrar oxígeno a éstos microorganismos aeróbicos, mientras mantiene el oxígeno libre a bajos niveles (16).

Los nódulos en general pueden ser desprendidos fácilmente al tirar suavemente de ellos, esto permite distinguirlos de las agallas de nemátodos. La aparición de los nódulos visibles después de la germinación puede demostrar, dependiendo de la cepa de rhizobio, la leguminosa, y el tamaño de la semilla, la presencia de nitrógeno en el suelo y otros factores ambientales (21).

Los nódulos varían en su forma (pueden ser redondos, alargados o ramificados) y en tamaño. Algunas leguminosas forman nódulos muy pequeños como *Stylosanthes*, *Zornia* y *Desmodium*, mientras que otras forman nódulos mayores como *Phaseolus*, *Centrosema*, *Pueraria*, y *Vigna*, sin embargo, dentro de una especie el tamaño de los nódulos depende de la cepa de rizobio y las condiciones ambientales. El color interno de nódulos efectivos por lo general es rojo o rosado debido a la presencia de leghemoglobina. Si el color interno del nódulo es blanco o verde, generalmente es inefectivo. Sin embargo aunque la presencia de nódulos grandes, abundantes y de color interno rojo puede indicar alta fijación de nitrógeno, éstos no son parámetros definitivos para evaluar la fijación de nitrógeno, los nódulos de color rojo y abundantes pueden ser inefectivos (8).

A medida que los nódulos se vuelven viejos y senescentes la leghemoglobina se convierte en legcholeglobina, de color verde. Un solo nódulo efectivo puede mostrar simultáneamente zonas blancas, rojas y verdes, que indican respectivamente las áreas de crecimiento del nódulo, de fijación activa de nitrógeno y de senescencia. Un nódulo muerto es blando y pierde su estructura rápidamente. Las plantas deficientes en molibdeno, tienden a formar nódulos de mayor tamaño y con aspecto normal, al hacerles un corte, sin embargo, se observan de color verde y aspecto senescente (16).

3.1.9. TERMINOLOGIA DESCRIPTIVA DE LA SIMBIOSIS

LEGUMINOSA-RHIZOBIO

La habilidad de las cepas de formar nódulos se denomina INFECTIVIDAD, en cuanto a la habilidad de los nódulos de fijar nitrógeno se denomina EFECTIVIDAD, a la evaluación de cepas en cuanto a su efectividad potencial e infectividad potencial se conducen bajo condiciones óptimas de crecimiento y sin competencia de otros microorganismos. Ciertas especies de leguminosas solo forman nódulos con un rango limitado de cepas de rizobios. Estas leguminosas se denominan específicas, otras leguminosas forman nódulos con un rango amplio de rizobios aislados de diferentes especies de leguminosas y se denominan promiscuas (15).

3.1.10. LA IMPORTANCIA DE INOCULACION EN DIFERENTES

CONDICIONES AMBIENTALES

Se encuentran poblaciones nativas de rhizobios en casi todos los suelos. Sin embargo, éstas poblaciones varían en cantidad, especificidad y efectividad. Se puede utilizar la inoculación para modificar la población de rhizobios 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 (16).

Sin embargo, aún en el caso de una leguminosa promiscua que forme nódulos abundantes con las cepas nativas, existen varios factores que afectan la efectividad de la simbiosis en el campo, por ejemplo, la mezcla de cepas nativas en el suelo puede no incluir cepas efectivas. Una cepa inefectiva puede competir con las cepas efectivas y prevenir la nodulación por ellas. El ambiente puede modificar la efectividad de la simbiosis cuando una leguminosa crece bajo condiciones de campo. Como resultado de éstos factores, aún una leguminosa clasificada como promiscua puede requerir inoculación bajo condiciones de campo, al igual que una leguminosa específica. Comúnmente se observa que las leguminosas promiscuas demuestran nodulación "semi-efectiva" con las cepas nativas en el campo (nodulan pero fijan una cantidad reducida de nitrógeno que no les permite alcanzar su potencial de rendimiento (15).

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 consecuencia muy grave, porque las cepas nativas fijan algo de nitrógeno, aunque no sea una cantidad muy alta. 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 (8).

3.1.11. CONSERVACION DE CEPAS Y EVALUACION DE INOCULOS

3.1.11.1. Liofilización

La liofilización o desecado en frío es un método ampliamente utilizado para la preservación de microorganismos.

Consiste en un rápido enfriamiento de las cepas a temperaturas muy bajas, seguido de una rápida deshidratación mediante sublimación de alto vacío. Se deben usar cultivos de bacterias completamente puros, y es conveniente usar platos en donde se pueda distinguir perfectamente si hay o no contaminación. El medio usado para suspender las cepas es peptona 5% y sucrosa 10%. Las cepas liofilizadas se conservan al vacío en ampollitas de vidrio. Para reconstituirlas se rompe la ampollita, se suspenden las células en solución salina o medio de cultivo, y se resiembran en medio LMA, sin embargo, pueden demorarse en crecer más que los cultivos frescos. Los cultivos liofilizados pueden permanecer viables durante varios años (17).

3.1.11.2. Evaluación de calidad de los inoculantes.

Aunque un inoculante supuestamente contenga cepas efectivas de rizobios, existe la posibilidad de que el medio de cultivo esté contaminado o que haya ocurrido una alta mortalidad de células de rizobios en el inoculante o en las semillas inoculadas. Por esto se recomienda hacer recuentos de los rizobios tanto en el inoculante como en las semillas inoculadas. Esto ayuda a definir las causas de una falta de respuesta a la inoculación en el campo. Se considera que 2×10^7 rizobios por gramo de inoculante o 300 rizobios por semilla son las cantidades mínimas de rizobios requeridas para obtener una nodulación adecuada. Sin embargo, son aconsejables niveles mayores ($10^4 - 10^6$ por semilla), especialmente cuando existe competencia con cepas nativas (8).

Para evaluar la calidad de los inoculantes existen en general dos métodos: El recuento de los rizobios en cajas de petri y la formación de nódulos en las plantas de leguminosas.

Los recuentos en cajas de petri se pueden realizar si el inóculo está libre de contaminantes, ya que si crecen contaminantes en las cajas es muy difícil reconocer las colonias de rizobios. Este método supone que cada colonia se origina a partir de una sola célula de rizobio. Para realizar el recuento, se distribuyen alícuotas de las diluciones preparadas en medio LMA en cajas de petri, y se hace un conteo en la dilución donde las colonias sean bien separadas (17).

3.1.12. PARAMETROS PARA LAS EVALUACIONES DE CAMPO

3.1.12.1. Evaluación de la nodulación

Aunque los parámetros de nodulación no están directamente relacionados con la fijación de nitrógeno y para cada combinación Leguminosa-Rhizobio el nivel óptimo de nodulación es diferente, las evaluaciones son muy útiles cuando son analizadas en diferentes tratamientos conjuntamente con el rendimiento de nitrógeno. Los parámetros que se pueden tomar en cuenta en la evaluación de la nodulación son los siguientes: abundancia, tamaño, distribución y color interno (21).

a) Abundancia y tamaño de los nódulos

Estos dos parámetros se complementan, ya que pocos nódulos grandes o muchos nódulos pequeños pueden tener la misma cantidad de tejido celular activo para fijar nitrógeno (16).

b) Distribución

Los nódulos en corona son los primeros en formarse, y tienen mayor probabilidad de provenir de las cepas inoculadas. Generalmente son más efectivos por estar más cercanos a la fuente de carbohidratos (16).

c) Color interno

El color interno de los nódulos vivos puede ser rojo, rosado, verde, blanco, negro o marrón, un solo nódulo puede presentar dos colores. El color interno de un nódulo efectivo generalmente es rojo o rosado, debido a la presencia de leghemoglobina. Sin embargo, algunas cepas inefectivas también pueden formar nódulos rojos. Los nódulos blancos y verdes generalmente son inefectivos. Existen algunas cepas que causan la formación de nódulos negros (16).

3.1.12.2. Evaluación del rendimiento

El vigor vegetativo está relacionado muchas veces con la fijación del nitrógeno, por ello, las plantas que se cosechan para evaluar la nodulación pueden ser secadas y pesadas para obtener una estimación de su vigor. La planta alcanza el máximo contenido de nitrógeno durante la etapa de floración. Las plantas pueden cosecharse en ese momento para determinar el nitrógeno total, aunque es más usual evaluar la producción de grano (15).

3.1.13. ELEMENTOS MINERALES IMPORTANTES EN LA FIJACION BIOLOGICA DE NITROGENO

El calcio es el factor esencial para la formación de nódulos y el buen funcionamiento de ellos. Sin embargo, además del calcio debe haber también un buen abastecimiento de boro, molibdeno, fósforo y potasio. El buen balance y disponibilidad de los nutrimentos incrementan el número y peso seco de los nódulos (5).

3.1.14. PRACTICAS CULTURALES PARA LA SIEMBRA DE LEGUMINOSAS INOCULADAS

Para la siembra se debe escoger un día en que el suelo esté húmedo, y que no esté lloviendo o haciendo sol intenso. Es importante tapar las semillas con un poco de suelo que se compacte bien con un implemento o con el pié para evitar que la lluvia las arrastre. Los surcos deben hacerse a una profundidad de 0.10 a 0.15 metros, con un azadón o un cultivador. Debe contarse con suficientes plantas para evaluar la nodulación. Es importante que en el área elegida para el experimento no hallan sembrado leguminosas con anterioridad (8).

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. CARACTERISTICAS HISTORICAS DEL LUGAR

La unidad docente productiva "Sabana Grande", Es propiedad de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, fué donada por el Gobierno de Guatemala, según consta en el libro número 27 folio 233-SC del registro en la municipalidad de Escuintla. Con una extensión total de 221 Has. Esta finca antes de ser donada a la Universidad de San Carlos, pertenecía al departamento de fincas nacionales de la nación (4).

La finca Sabana Grande, tiene los siguientes componentes: Subsistema Socioeconómico y los Agrosistemas con café, caña de azúcar, maíz, frijol, cítricos, bósque así como aves de corral y bovinos (3).

3.2.2. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

3.2.2.1. Ubicación

La finca Sabana Grande, se encuentra situada en la aldea El Rodeo, en el municipio de Escuintla, dista 12 kilómetros de la cabecera departamental. Se encuentra localizada entre las coordenadas siguientes: 14°23' Latitud Norte 90°49' Longitud Oeste a una altura de 747 msnm (figura 2A) (3).

3.2.2.2. Extensión

El área total de la finca Sabana Grande, es de 221 Has. distribuidas en cultivos de caña de azúcar, café, cítricos, potreros, estación experimental, casco de la finca y ranchería (4).

3.2.2.3. Límites

Colinda al norte con la Aldea El Rodeo y con la finca Tropicana, al sur con la finca Lorena, al este con la finca Alsacia y al oeste con la finca Magdalena (4).

3.2.2.4. Vías de comunicación

De la cabecera departamental de Escuintla a la finca, se cuenta con 8 kilómetros de asfalto y con 4 kilómetros de terracería, también puede llegarse por el departamento de Sacatepéquez con 55 kilómetros de asfalto y 15 de terracería. En época de invierno, los caminos de terracería se ven seriamente afectados y en ocasiones hasta intransitables por desbordamientos del río Guacalate. Además existen caminos dentro de la finca que comunican todas las subáreas de la finca y un camino ancho que va desde el casco de la finca hasta la estación experimental (3).

3.2.2.5. Clima

Según DE LA CRUZ (7), la finca Sabana Grande se encuentra en la zona de vida de Bosque subtropical muy húmedo, caracterizándose por tener una estación severamente seca de noviembre a abril y otra muy húmeda de mayo a octubre. Las lluvias son intensas por las tardes y es muy frecuente que de noviembre a abril, la finca esté sujeta a fuertes vientos que soplan en dirección norte-sur y norte-oeste, llegando a alcanzar velocidades entre los 50 y 60 Kms/hora (14).

La temperatura media anual es de 23.78 grados centígrados, precipitación anual de 3,092.50 mm, humedad relativa absoluta máxima de 96% y mínima absoluta de 40% y con una evaporación a la sombra de 3.66 mm (14).

3.2.2.6. Suelo

Los suelos de la finca Sabana Grande pertenecen a la serie "Alotenango", los cuales son profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica reciente suelta y de color oscuro. Estos suelos ocupan pendientes inclinadas y se encuentran a elevaciones entre 750 y 1,800 msnm. Se asemejan a los suelos Yepocapa, pero éstos están desarrollados sobre cenizas sementadas y ocupan pendientes de una inclinación mas suave que los suelos Alotenango. La reacción de los suelos Alotenango es de mediana a ligeramente ácida, pH alrededor de 6.0 (23).

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Generar conocimiento sobre la infectividad y efectividad de las cepas de Rhizobium TAL 209, 420 y 441 proporcionadas por el proyecto NifTAL, inoculadas en frijol mungo (Vigna radiata) variedad VC2768A.

4.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Evaluar 3 cepas específicas de Rhizobium Spp, que puedan ser infectivas y efectivas en la variedad VC2768A de frijol mungo (Vigna radiata).

5. HIPOTESIS

- La infectividad y efectividad evaluada a través del rendimiento de materia seca, contenido de nitrógeno del follaje, rendimiento de grano, así como número, peso y volumen aparente de nódulos, será superior por lo menos en una de las tres cepas de Rhizobium Spp. inoculadas al frijol mungo (Vigna radiata).

6. METODOLOGIA

6.1. LOCALIZACION DEL AREA EXPERIMENTAL

El experimento fue realizado en la unidad docente productiva Sabana Grande, ubicada a 12 kms. de la cabecera departamental de Escuintla, específicamente en la aldea El Rodeo, cuya localización geográfica es de 14° 23' Latitud Norte y 90° 49' de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich y a una altitud de 747 msnm (figura 2A) (3).

6.2. ORIGEN DE LOS MATERIALES EXPERIMENTALES

6.2.1. Origen de la semilla

La semilla de frijol mungo que se utilizó, fue procedente de la variedad VC2768A originaria de Taiwan China.

6.2.2. Origen de las cepas

Las cepas de Rhizobium, fueron proporcionadas por "The Rhizobium Hermoplasm Resource" del proyecto NifTAL de la University of Hawaii (17) y son las siguientes:

Rhizobium Spp. Cepa TAL 209

Rhizobium Spp. Cepa TAL 420

Rhizobium Spp. Cepa TAL 441.

6.3. PREPARACION DE LOS MATERIALES EXPERIMENTALES

Previo a montar el experimento, los materiales fueron preparados tanto en el laboratorio como en el campo, de la siguiente manera:

6.3.1. Preparación de los materiales en el laboratorio

Se utilizó para la preparación de los medios de cultivo y propagación de las cepas el laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Las cepas fueron enviadas por NifTAL en tubos de ensayo y en cultivo fresco, a base de agar, manitol y extracto de levadura.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

6.3.1.1. Multiplicación de las cepas de Rhizobium

La propagación de las cepas se realizó en medio nutritivo líquido (medio sin agar), compuesto por las siguientes sustancias:

Fosfato ácido de potasio

Cloruro de calcio dihidratado

Sulfato de magnesio heptahidratado

Cloruro de sodio

Cloruro de hierro hexahidratado

Manitol

Estracto de levadura (17).

La preparación del medio nutritivo líquido sin agar, se efectuó de la siguiente forma: a un volumen de 1000 ml de agua destilada, se le agregaron los siguientes reactivos: en su orden, 6 ml de fosfato ácido de potasio, 6 ml de cloruro de calcio dihidratado, 6 ml de sulfato de magnesio heptahidratado, 6 ml de cloruro de sodio, 1.2 ml de cloruro de hierro hexahidratado, 12 gr de manitol y 3.6 gr de extracto de levadura, aforando el volumen inicial mas los reactivos a un volumen final de 1200 ml. El paso siguiente fue homogenizar el medio preparado utilizando una estufa y finalmente se depositaron 125 ml de medio en 9 erlenmeyers de 250 ml, utilizandose 3 erlenmeyers para cada cepa.

La cristalería que se utilizó para la siembra de las cepas, se colocó para su esterilización en un horno a 180° C. durante dos horas y los 9 erlenmeyers conteniendo el medio de cultivo se esterilizaron en autoclave a 15 libras de presión durante 20 minutos.

Para la siembra de las cepas, se utilizó una cámara de aislamiento marca becton-dickinson. Los nueve erlenmeyers fueron colocados en un agitador horizontal con un movimiento circular uniforme durante siete días, con el fin que los rhizobios crecieran en forma uniforme y se distribuyeran en todo el medio de cultivo. El agitador se detuvo cuando el aspecto del medio se observó espeso y luego utilizando una cámara de Petroff se estableció por conteo directo la población de células por cc de medio de cultivo. Los resultados de conteo y prueba de Gram, mostraron que los medios poseían una población de 1×10^8 células/cc y todas las bacterias fueron gram negativas.

6.4. TRABAJO DE CAMPO

Entre los trabajos de campo que se realizaron están los siguientes: Reconocimiento del área, muestreo de suelos (análisis químicos), preparación del terreno (consistió en arar a 0.30 mts. de profundidad con dos pasadas de rastra para espolvorear el suelo).

6.5. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Se trazaron 16 unidades experimentales, distribuidas en un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

6.6. DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS

Los tratamientos que se evaluaron fueron los siguientes:

T1 Ceba TAL 209

T2 Ceba TAL 420

T3 Ceba TAL 441

T4 Testigo.

6.7. PARCELA BRUTA Y PARCELA NETA

La parcela bruta que se utilizó fue de 12.6 metros cuadrados, con seis surcos cada parcela y un distanciamiento de siembra de 0.35 mts. entre surcos y 0.05 mts. entre plantas (13).

A los 40 días después de la siembra, cuando ya se había establecido el 50% de plantas floreadas, se procedió a tomar una muestra de 12 plantas por unidad experimental, realizándose de la siguiente manera: En las cabeceras de la parcela bruta, se eliminó un área de borde de 0.5 metros así como los surcos de las orillas, quedando una parcela neta de 7 metros cuadrados. Esta parcela neta se dividió en 2 subparcelas, una de 1.4 metros cuadrados de la cual se extrajeron 12 plantas, tomándose 3 plantas por surco, las cuales sirvieron para determinar el peso de materia seca, contenido de nitrógeno del follaje, así como número, peso, y volumen aparente de nódulos y la otra subparcela de 5.6 metros cuadrados se cosechó totalmente y sirvió para encontrar el rendimiento de grano (Figura 3A).

6.8. INOCULACION A LA SEMILLA

El proceso de inoculación a la semilla se realizó directamente en el campo de la forma siguiente:

- En cada tratamiento se utilizó 0.1872 Kgs. de semilla la cual se colocó en una bolsa plástica nueva. La semilla fue humedecida con una solución de azúcar al 10% hasta formar una película fina en la superficie de cada semilla.
- Seguidamente se colocaron 3 cc de cada inoculante, utilizándose pipetas estériles diferentes en cada caso. Cada bolsa se agitó hasta que el medio nutritivo se distribuyó homogéneamente en toda la semilla.
- Inmediatamente después se esparció la semilla inoculada sobre papel periódico nuevo y limpio a la sombra durante 15 minutos para que se secase.
- Para evitar la irradiación solar sobre la semilla, ésta se tapaba inmediatamente después de sembrada, primero las parcelas testigo y luego las parcelas con las diferentes cepas.

6.9. SIEMBRA

La siembra se efectuó en forma manual. El distanciamiento que se utilizó fue de 0.35 mts. entre surcos y 0.05 mts. entre plantas. El día de la siembra el suelo estaba húmedo, no estaba lloviendo ni haciendo sol intenso. La densidad promedio de población fue de 219,736 plantas por hectárea y la fecha de siembra fue el 17 de agosto de 1994.

6.10. CONTROL DE MALEZAS

El primer control de malezas se realizó a los 18 días después de la siembra en forma manual y el segundo se realizó a los 38 días después de sembrado el cultivo.

6.11. CONTROL FITOSANTARIO

10 días después de la siembra se aplicó el insecticida granulado myrex contra el zompopo (*Aita* Spp.), directamente a las troneras. A los 31 días después de la siembra se efectuó una aplicación de malathión (belathión 57 CE), para controlar la tortuguilla (*Diabrotica* sp.).

La aplicación se efectuó con una bomba manual procurándose una pulverización fina de las gotas para cubrir uniformemente el follaje utilizándose una dosis de 50 cc por bomba de cuatro galones.

6.12. COSECHA

La cosecha se realizó en dos cortes, el primero a los 65 días después de sembrado el cultivo y el segundo a los 72 días después de la siembra realizándose en forma manual.

Las labores de cultivo y cuidados fitosanitarios de la planta y fechas se detallan en el cuadro 2.

CUADRO 2. Labores efectuadas durante el ciclo de desarrollo del cultivo de frijol mungo y sus fechas de ejecución.

LABOREO	FECHA
Preparación del terreno	10 de agosto-94
Siembra	17 de agosto-94
Primer control de malézas	4 de septiembre -94
Segundo Control de malézas	26 de septiembre-94
Aplicación de insecticidas (Myrex)	28 de agosto-94
Segunda aplicación de insecticidas (Belatión)	24 de septiembre-94
Cosecha (primer corte)	21 de octubre-94
Cosecha (segundo corte)	28 de octubre-94

6.13. VARIABLES DE RESPUESTA

Las variables de respuesta que se evaluaron, fueron:

- Rendimiento de materia seca de la parte aérea
- Contenido de nitrógeno de la parte aérea de la planta
- Rendimiento de grano al 14% de humedad
- Número, peso y volumen aparente de nódulos.

6.14. DETERMINACION DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA

- La materia seca se determinó pesando la parte aérea de las 12 plantas en una balanza marca Ohaus, con una sensibilidad de 0.1 gramos. Previamente al peso, las plantas se secaron en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Agronomía de La Universidad de San Carlos de Guatemala en un horno a una temperatura de 65° C.
- El follaje seco se llevó al laboratorio de suelos de la facultad de Agronomía para efectuarle el análisis de nitrógeno al follaje (Cuadro 22A).
- El rendimiento de grano, se determinó cosechando el total de la parcela neta, (5.6 m²) la extracción del grano de la vaina se realizó en forma manual. Primero se encontró el peso de campo, seguidamente se tomó la humedad con un aparato especificador de humedad marca Dole. La humedad del grano se multiplicó por 0.2 que es un factor de corrección del aparato, sumando a este resultado 0.21 que es el valor de la temperatura del laboratorio utilizado a 24° C. Con éstas operaciones se encontró la humedad de campo la cual fue convertida al 14% de humedad.
- El número, peso, y volumen aparente de nodulos se determinaron de la siguiente forma: A las doce raíces de cada tratamiento se les desprendieron los nodulos, éstos se contaron, pesaron y se les tomó el volumen aparente.

6.15. REGISTRO DE LA INFORMACION

Los datos obtenidos se registraron en un cuadro de campo con el objeto de ordenar, clasificar y facilitar el manejo de los mismos. Los datos tabulados de cada tratamiento con su respectiva repetición fueron ingresados en una tabla de doble entrada.

6.16. ANALISIS DEL DISEÑO

La interpretación de los resultados se realizó mediante el uso del siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

7. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados y la discusión del efecto que tuvieron las cepas de *Rhizobium* TAL 441, 209 y 420 y la comparación de éstas con el testigo.

7.1. VARIABLES DE MATERIA SECA Y PORCENTAJE DE NITROGENO DE LA PARTE AEREA DE LA PLANTA

En el cuadro 3 se presentan los resultados promedios obtenidos para las variables de respuesta de materia seca y el contenido de nitrógeno de la parte aérea de la planta. El análisis efectuado a éstas variables de respuesta, muestran que al 5% de probabilidad no hubo efecto significativo de las cepas de *Rhizobium*, sobre éstos parámetros (Cuadros 6A y 7A).

Aunque el análisis estadístico no mostró efectos significativos de las cepas de *Rhizobium* sobre las variables de respuesta de materia seca y contenido de nitrógeno de la parte aérea de la planta, puede notarse que los rendimientos de materia seca que se obtuvieron con las cepas TAL 441 y TAL 209 fueron mayores que los promedios que reportaron la otra cepa evaluada y el testigo, éstas diferencias en rendimiento no son considerables estadísticamente pero objetivamente existen.

En el cuadro 13A, pueden observarse los valores encontrados para cada tratamiento dentro de su respectiva repetición, mostrando éstos resultados como influyeron las condiciones climáticas sobre cada unidad experimental.

En el caso de los promedios de nitrógeno en 100 gramos de muestra de la parte aérea de la planta, las diferencias porcentuales entre el valor más alto y más bajo es de 0.21% lo que como consecuencia no estableció diferencia estadística al efectuarse el análisis correspondiente (Cuadro 7A).

La respuesta a éstos resultados podría tener su base en lo observado por GUEDES (15), quien indica que en plantas no inoculadas con cepas de *Rhizobium*, el nitrógeno encontrado puede proceder del nitrógeno mineralizado traslocado de la raíz a las hojas ya que el nitrógeno es un elemento muy dinámico en el suelo y su edaforregulación no depende del complejo coloidal si no más bien de su presencia en solución activa.

Guedes (15), indica que el nitrógeno encontrado en plantas no inoculadas, es un nitrógeno mineralizado y que se encuentra en solución activa en el suelo y el cual es aprovechado por la planta para la producción de follaje y no para la producción de grano. Lo anterior se puede respaldar con los resultados encontrados en éste trabajo de investigación, donde en el cuadro 4 se pueden apreciar los rendimientos de grano, de plantas inoculadas y plantas no inoculadas. En el cuadro 14A se muestran los valores de cada tratamiento dentro de cada repetición para el contenido de nitrógeno del follaje de la planta.

CUADRO 3. Promedio de resultados de materia seca obtenidos de 12 plantas de frijol mungo (*Vigna radiata*) y el contenido de nitrógeno de la parte aérea de la planta en 100 gramos de muestra.

Cepas de Rhizobium	Materia Seca (gr)	% de nitrógeno en 100 gr
TAL - 441	64.98	4.57
TAL - 209	63.66	4.49
TAL - 420	58.21	4.48
TESTIGO	58.53	4.69
DS = al 5%	N.S	N.S

DS = Diferencia significativa

NS = No Significativo

7.2. VARIABLE DE RENDIMIENTO DE GRANO

En el cuadro 4 se muestran los resultados obtenidos para el rendimiento de grano al 14% de humedad, tanto para el número total de plantas cosechadas, para población corregida de 400 plantas así como el rendimiento de grano expresado en Kg/Ha.

Si comparamos la cepa 441 con el testigo (total de plantas cosechadas), observaremos que esta cepa con 17 plantas menos obtuvo un rendimiento mayor de 200 gramos. También las cepas TAL 209 y 420 obtuvieron rendimientos superiores al testigo en 131.8 y 118.77 gramos respectivamente.

Si observamos el rendimiento cuando se corrigió la población a 400 plantas que es el número que cada unidad experimental debió haber tenido, la cepa TAL 441 aumentó el rendimiento a 241.31 gramos sobre el testigo, lo mismo sucedió con las otras dos cepas las cuales superaron al testigo en 160.36 y 151.25 gramos.

Al convertir el rendimiento de grano a kilogramos por hectárea, la cepa TAL 441 superó al testigo en 430.91 Kg lo cual equivale a un 29.25% mas de producción. Aunque no existe un efecto significativo al 5% de probabilidad, si se puede observar la tendencia de las cepas TAL 441, 209 y 420 a la fijación biológica de nitrógeno.

El coeficiente de variación encontrado en la variable de rendimiento de grano para el total de plantas cosechadas fue del 46 % (Cuadro 8A), este valor se encuentra arriba del recomendado para experimentos vegetales (1). la variación la explica el hecho de haber trabajado con microorganismos y que éstos tienen la característica de presentar alta variabilidad. El coeficiente de variación para el rendimiento de grano con población corregida, disminuyó a 16.45% (Cuadro 9A), debido a que la población se corrigió a 400 plantas para cada unidad experimental. El cuadro 9A muestra una "P" calculada de 0.0961, siendo un valor muy cercano a 0.05 el cual se utilizó para encontrar la significancia entre los tratamientos. El rendimiento de grano de cada tratamiento dentro de su respectiva repetición se aprecia en los cuadros 15A y 16A.

CUADRO 4. Promedio de resultados de rendimiento de grano, en gramos, de grano al 14% de humedad, obtenidos: del total de plantas cosechadas, de población corregida a 400 plantas y de rendimiento en Kg/Ha.

Cepas Rhizobium	Rend.Grano(gr) / No. Plantas	Rend. Grano (gr) / parcela	Rendimiento en Kg/Ha.
Cepa - 441	762.58 / 370 plantas	824.96 / parcela	1,473.14
Cepa - 209	694.68 / 375 plantas	744.01 / parcela	1,328.60
Cepa - 420	681.65 / 371 plantas	734.90 / parcela	1,312.32
Testigo	562.88 / 387 plantas	583.65 / parcela	1,042.23
D.S. al 5%	N.S.	N.S.	NS.

D.S. = Diferencia significativa

N.S. = No significativo.

7.3. VARIABLE DEL NUMERO, PESO Y VOLUMEN APARENTE DE NODULOS

Los resultados promedios obtenidos para las variables de respuesta del número, peso y volumen aparente de nódulos, se muestran en el cuadro número 5. Se observa al 5% de probabilidad que no hubo efecto significativo de las cepas de *Rhizobium* sobre las variables de nodulación. Sin embargo, las observaciones efectuadas al realizar la extracción y conteo de nódulos, mostraron que a excepción de los tratamientos inoculados, los nódulos del testigo fueron muy pequeños y localizados en las raíces bajas de la planta, lo cual ocurre cuando las plantas son noduladas por cepas nativas. Otro aspecto que se notó fue que los nódulos formados en las plantas inoculadas se concentraron en la corona de la raíz y raíces adyacentes no así en el testigo en el cual la nodulación se localizó en las raíces secundarias.

Las plantas de frijol mungo se caracterizaron por poder ser noduladas en forma promiscua, es decir por diferentes especies de cepas nativas, lo cual explica que aunque no se hubiera sembrado antes esta planta en el área de estudio, se haya presentado un buen número y peso de nódulos, lo cual no es sinónimo de eficiencia o efectividad para fijar nitrógeno, sino simplemente una alta tolerancia a ser infectada en el suelo por las cepas nativas existentes. En función de lo anterior se explica el porqué, aunque sean los resultados no significativos, todas las cepas produjeron un mayor rendimiento de grano tal como ya se discutió y se observa gráficamente en la figura 1.

El número, peso y volumen aparente de nódulos que muestra el testigo en el cuadro 5, son nódulos provenientes de cepas nativas del suelo, indicando ésto el hecho de haberlos encontrado en las raíces bajas y secundarias. Por el contrario los nódulos que provinieron de los tratamientos inoculados fueron grandes y se localizaron en la corona de la raíz en el tronco de la planta muy cerca de la superficie del suelo.

Los coeficientes de variación encontrados para las variables de nodulación pueden observarse en los cuadros 10A, 11A y 12A respectivamente, la alta variación que muestran, se debe a la alta variabilidad que presentan los microorganismos en el suelo. Los valores de cada tratamiento dentro de cada repetición se muestran en los cuadros 17A, 18A y 19A respectivamente.

CUADRO 5. Promedio de resultados obtenidos de 12 plantas de frijol Mungo (*Vigna radiata*), para las variables de respuesta: número, peso y volumen aparente de nódulos.

Cepas de Rhizobium	Número Nódulos	Peso Nódulos (g)	Volumen Ap. de nódulos
TAL - 441	350	8.85	17.25
TAL - 209	307	8.08	15.25
TAL - 420	250	5.77	11.43
TESTIGO	297	8.05	15.00
D.S = al 5%	N.S	N.S	N.S

DS = Diferencia Significativa

NS = No Significativo.

La figura 1 muestra los rendimientos promedios de grano al 14% de humedad para las cepas TAL 441, 209, 420 y el testigo, en ésta gráfica se puede observar claramente que aunque no existieron efectos significativos si hubo respuesta de las plantas inoculadas principalmente en las que actuó simbióticamente la cepa TAL 441, ya que superó al testigo en 430.91 Kg/Ha.

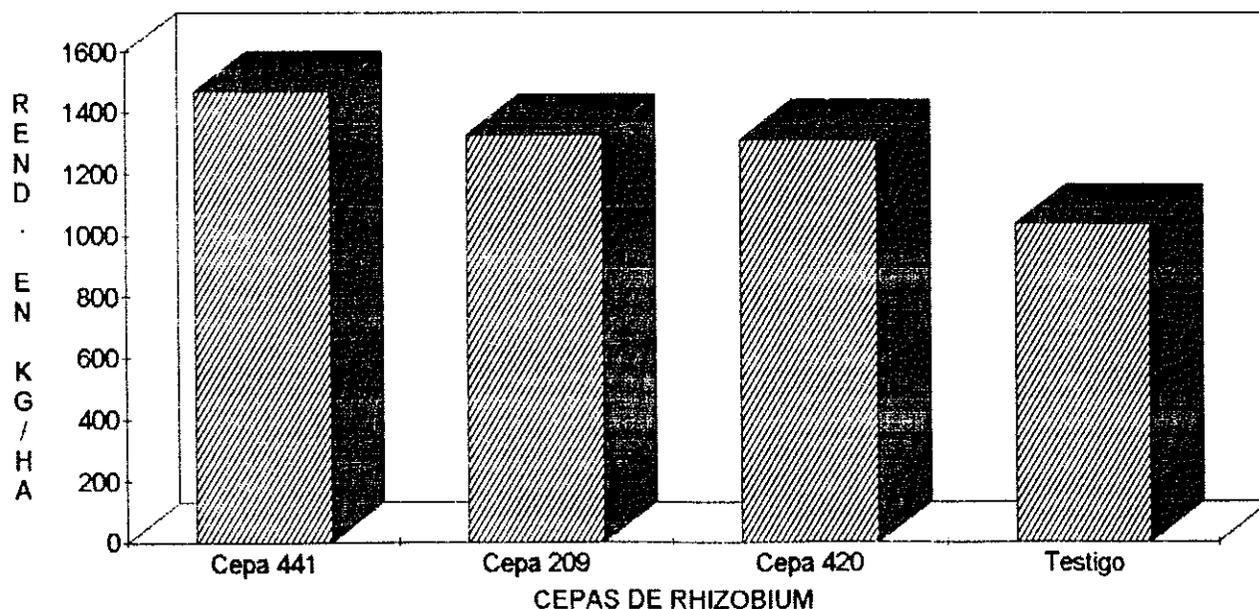


Figura 1. Rendimiento promedio de grano de los diferentes tratamientos evaluados.

8. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, objetivos e hipótesis planteadas, se derivan las siguientes conclusiones:

1. En las variables evaluadas, se manifestó una mayor respuesta de las plantas de frijol mungo inoculadas con la cepa de Rhizobium TAL 441, aunque al 5% de probabilidad no halla existido significancia estadística.
2. El frijol mungo es una especie vegetal promiscua, ya que presentó tolerancia a ser infectado por cepas nativas de Rhizobium existentes en el suelo en donde se efectuó el estudio y en donde nunca antes se había sembrado frijol mungo, también presentó alta tolerancia a ser infectado por las cepas de Rhizobium inoculadas.
3. Los rendimientos de grano obtenidos en las plantas inoculadas con la cepa TAL 441 fueron de 430.91 kilogramos por hectárea arriba de los rendimientos del testigo, lo cual representa un 29.25% mas con la práctica sencilla de inocular el grano.

9. RECOMENDACIONES

1. Considerando que ésta es la primera evaluación que se efectúa en Guatemala, inoculando *Rhizobium* en frijol mungo, se recomienda:
 - a) Evaluar bajo condiciones controladas de invernadero, la respuesta de las cepas utilizadas en éste ensayo y otras provenientes de otros centros de investigación: en diferentes suelos, con potencial de ser sembradas con frijol mungo.
 - b) Evaluar otras cepas de *Rhizobium* Spp. seleccionadas para frijol mungo en condiciones de campo y en otras condiciones de suelos, lugar y tiempo.

10. BIBLIOGRAFIA

1. ALVAREZ, V. M. 1988. Diseño y análisis de experimentos. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 33 p.
2. AYKROYD, W. R. ; DOUGHTY, J. 1964. Las leguminosas en la alimentación humana. Londres, Inglaterra, Escuela y Departamento de Nutrición Humana. 151 p.
3. BAUTISTA GOMEZ, E. A. 1981. Diagnóstico integral de los agrosistemas de la finca Sabana Grande. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 43 p.
4. BERDUCINDO QUAN, R. E. 1970. Monografía de la finca Sabana Grande, Escuintla. Monografía EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 50 p.
5. CHONAY PANTZAY, J. J. 1981. Efecto de la fertilización foliar sobre la compensación de la fijación biológica de nitrógeno por *Rhizobium Phaseoli* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L). Tesis Mag. Sc. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. Centro de Edafología. 107 p.
6. CRONQUIST, A. 1981. An integrated system of clasificación of flowering plants. New York, Columbia. p. 1343-1354.
7. CRUZ S., J. R., DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
8. DAY, J. M. 1973. Influencia de los factores ambientales en la fijación de nitrógeno por las leguminosas. Londres, Inglaterra Estación Experimental Agrícola. p. 90-102.
9. DONAHUE, R. L. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Estados Unidos, Hall International. p. 230-231.
10. ESTADOS UNIDOS. NATIONAL ACADEMIC OF SCIENCIES. 1980. Control de plagas de plantas y animales. México, Limusa. v. 3, 345 p.
11. FAO, (R.D). 1992. Valor nutritivo de los alimentos. Roma, Italia. 4 p.
12. FISHER, B. P. ; BENDER, A. E. 1976. Valor nutritivo de los alimentos. Limusa. México, 205 p.
13. GARCIA CHACON, P. J. 1993. Evaluación de 10 variedades de frijol mungo (*Vigna radiata*), procedentes de Taiwan, China, Escuintla, Guatemala. Guatemala, Centro Universitario del Sur. 26 p.

14. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Tarjetas de registro metereológicas de la estación Sabana Grande, Escuintla, Guatemala.
- Sin publicar.
15. GUEDES, M. E. 1976. La fijación simbiótica de nitrógeno por las leguminosas. Montevideo, Uruguay, s.n. 67 p.
16. HALLIDAY, J. 1984. The rhizobium germoplasm resource at NiFTAL catalogue of strains. Hawaii, EE. UU., University of Hawaii. p. 90-92.
17. HUMBELL, D. H. 1979. Revisión del proceso de infección de las leguminosas por el Rhizobium. Estados Unidos, Universidad de Florida. 7 p.
18. KIMBAL, J. W. 1984. Biología. Trad. Manuel Rojas Garcidueñas. México, D.F., Ed. Calyso. S. p. 638-652.
19. MANZO, R. E. 1986. Evaluación del rendimiento de maíz HB-83 con 12 diferentes niveles de n-p-k, bajo las condiciones de la granja Sabana Grande. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 78 p.
20. NAJERA CAAL, M. A. 1978. Respuesta de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), a aplicación de 5 niveles de n-p-k. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 78 p.
21. OPAZO, J. D. 1981. Recolección de nódulos para el aislamiento de Rhizobios. Santiago, Chile, Facultad de Ciencias Agrícolas, Unidad de Ingeniería de Suelos. 32 p.
22. RICHARD, M. D. 1991. Feedstutts ingredient analysis, table. Florida, EE.UU, s.n. 5 p.
23. SIMMONS, ch. S. ; TARANO, J. M. ; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. p 559-588.
24. TZI TZIBOY, E. A. 1986. Evaluación del comportamiento de soya (*Glycine max* L) variedad Williams 82 a la inoculación de 3 cepas de *Rhizobium japonicum*, bajo 2 niveles de fósforo y potasio. Tesis Ing Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 67 p.



vo. 130.
Peralta

11. APENDICES

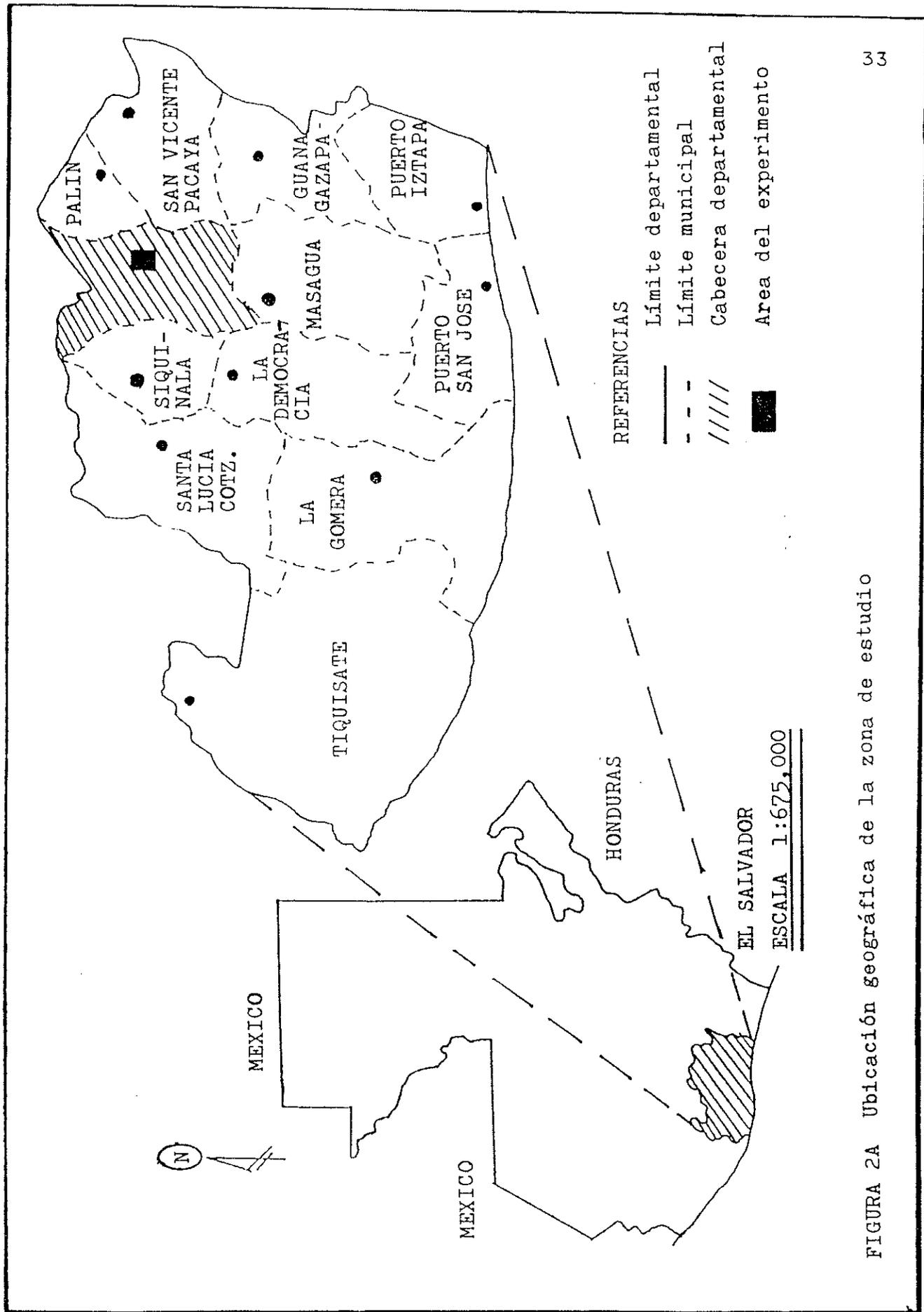


FIGURA 2A Ubicación geográfica de la zona de estudio

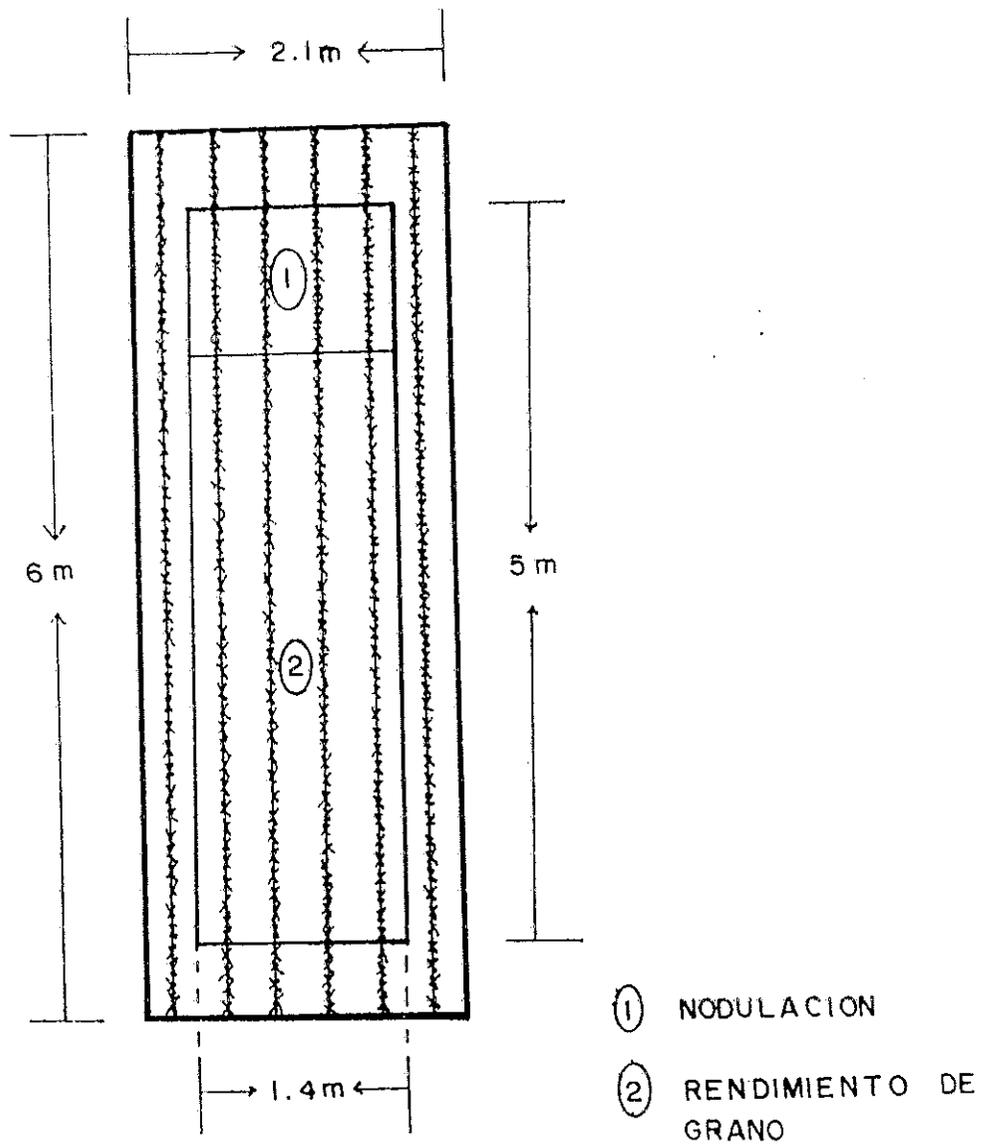


FIGURA 3A Parcela bruta y parcela neta directamente en el campo.

CUADRO 6A. Análisis de varianza del peso seco de la parte aérea de 12 plantas de frijol mungo.

fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	P Calculada
Repeticiones	3	700.72		
Tratamientos	3	145.54	48.514	0.9176 N.S.
Error	9	2654.40	294.94	
Total	15	3500.70		

C.V. = 27.99%

N.S. = No significativo

CUADRO 7A. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno de la parte aérea de frijol mungo en 100 gr de muestra.

fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	P Calculada
Repeticiones	3	0.24585		
Tratamientos	3	0.11645	0.038816	0.5520 N.S.
Error	9	0.46910	0.052122	
Total	15	0.83140		

C.V. = 5%

N.S. = No significativo

CUADRO 8A. Análisis de varianza del rendimiento de grano en base al número total de plantas cosechadas de frijol mungo, al 14% de humedad (en gramos)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	p Calculada
Repeticiones	3	75568		
Tratamientos	3	82688	27563	0.0974 N.S.
Error	9	87018	96687	
Total	15	245270		

C.V. = 46%

N.S. = No significativo

CUADRO 9A. Análisis de varianza del rendimiento de grano por parcela de 5.6 m² con población corregida de frijol mungo, en gramos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	p Calculada
Repeticiones	3	80216		
Tratamientos	3	121580	40525	0.0961
Error	9	127130	14126	
Total	15	328930		

C.V. = 16.45%

N.S. = No significativo

CUADRO 10A. Análisis de varianza del número de nódulos de 12 plantas de frijol mungo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	p calculada
Repeticiones	3	28049		
Tratamientos	3	20283	6761.2	0.4737 N.S.
Error	9	66854	7428.2	
Total	15	115190		

C.V. = 28.64%

N.S. = No significativo

CUADRO 11A. Análisis de varianza del peso de nódulos de 12 plantas de frijol mungo, en gramos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	p calculada
Repeticiones	3	21.039		
Tratamientos	3	21.246	7.0819	0.3084 N.S
Error	9	45.936	5.1040	
Total	15	88.220		

C.V. = 29.39%

N.S. = No significativo

CUADRO 12A. Análisis de varianza del volumen aparente de nódulos de 12 plantas de frijol mungo, en cc.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	p calculada
Repeticiones	3	81.017		
Tratamientos	3	70.467	23.489	0.2624
Error	9	134.250	14.917	
Total	15	285.730		

C.V. = 26.22%

N.S. = No significativo

CUADRO 13A. Valores de materia seca (en gramos) de la parte aérea de 12 plantas de frijol mungo, obtenidos de cada tratamiento y de cada repetición, así como las medias.

REPETICIONES	CEPA 209	CEPA 420	CEPA 441	TESTIGO
I	59.83	56.73	51.74	57.93
II	60.83	69.84	90.44	64.94
III	47.14	59.33	83.83	60.92
IV	86.83	46.92	33.94	50.34
MEDIA	63.66	58.21	64.98	58.53

CUADRO 14A. Valores del contenido de nitrógeno (en porcentaje), en 100 gramos de muestra de la parte aérea de la planta de frijol mungo, obtenidos de cada tratamiento dentro de cada repetición, así como las medias de cada tratamiento.

REPETICIONES	CEPA 209	CEPA 420	CEPA 441	TESTIGO
I	4.35	4.42	4.48	4.19
II	4.49	4.28	4.34	5.14
III	4.46	4.69	4.67	4.69
IV	4.67	4.55	4.77	4.77
MEDIA	4.49	4.48	4.57	4.69

CUADRO 15A. Valores de rendimiento de grano (en gramos), del número total de plantas de frijol mungo cosechadas en cada tratamiento dentro de cada repetición, así como, las medias de cada tratamiento.

REPETICIONES	CEPA 209	CEPA 420	CEPA 441	TESTIGO
I	663.2	516.2	680.4	545.1
II	574.1	698.8	691.3	486.0
III	897.7	647.3	796.6	649.4
IV	643.7	864.3	882.0	571.0
MEDIA	694.68	681.65	762.58	562.88

CUADRO 16A. Valores de rendimiento de grano (en gramos), para población corregida de 400 plantas de frijol mungo, cosechado en cada tratamiento dentro de cada repetición, así como las medias de cada tratamiento.

REPETICIONES	CEPA 209	CEPA 420	CEPA 441	TESTIGO
I	736.88	555.05	764.49	599.01
II	585.82	776.44	720.10	476.47
III	975.76	688.62	856.56	676.45
IV	677.58	919.47	958.70	582.65
MEDIA	744.01	734.90	824.96	583.65

CUADRO 17A. Valores del número de nódulos de las raíces de 12 plantas de frijol mungo, obtenidos de cada tratamiento, dentro de cada repetición, así como las medias de cada tratamiento.

REPETICIONES	CEPA 209	CEPA 420	CEPA 441	TESTIGO
I	309	288	327	122
II	312	312	382	445
III	260	233	456	316
IV	345	167	236	306
MEDIA	306.50	250.00	350.30	297.30

CUADRO 18A. Valores del peso de nódulos (en gramos) de las raíces de 12 plantas de frijol mungo, obtenidos de cada tratamiento, dentro de cada repetición, así como las medias de cada tratamiento.

REPETICIONES	CEPA 209	CEPA 420	CEPA 441	TESTIGO
I	8.90	7.18	7.60	3.42
II	7.96	6.01	11.00	11.78
III	6.68	6.14	10.64	10.10
IV	8.76	3.74	6.14	6.92
MEDIAS	8.08	5.77	8.85	8.05

CUADRO 19A. Valores del volumen aparente de nódulos (en cc.), de 12 plantas de frijol mungo, obtenidos en cada tratamiento, dentro de cada repetición, así como las medias de cada tratamiento.

REPETICIONES	CEPA 209	CEPA 420	CEPA 441	TESTIGO
I	15	15	15	7
II	17	12	20	22
III	13	12	21	18
IV	16	6.7	13	13
MEDIAS	15.25	11.43	17.25	15.00



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

Ref. Sem.071-95

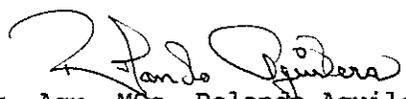
LA TESIS TITULADA: "RESPUESTA DE FRIJOL MUNGO (Vigna radiata) A LA INOCULACION DE TRES CEPAS DE Rhizobium spp. EN LA FINCA SABANA GRANDE, ESCUINTLA, GUATEMALA".

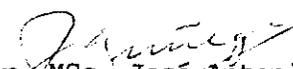
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: MANASES ISAI MARTINEZ HERRERA

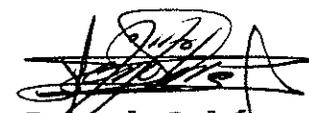
CARNET No: 8615068

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Lic. Jorge Solís
Ing. Agr. Aníbal Martínez
Ing. Agr. Edgar Franco

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.

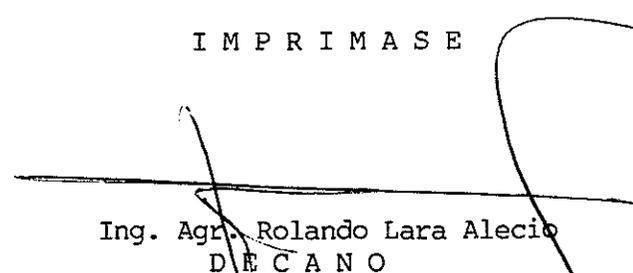

Ing. Agr. MSc. Rolando Aguilera
A S E S O R


Ing. Agr. MSc. José Antonio Zúñiga
A S E S O R


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