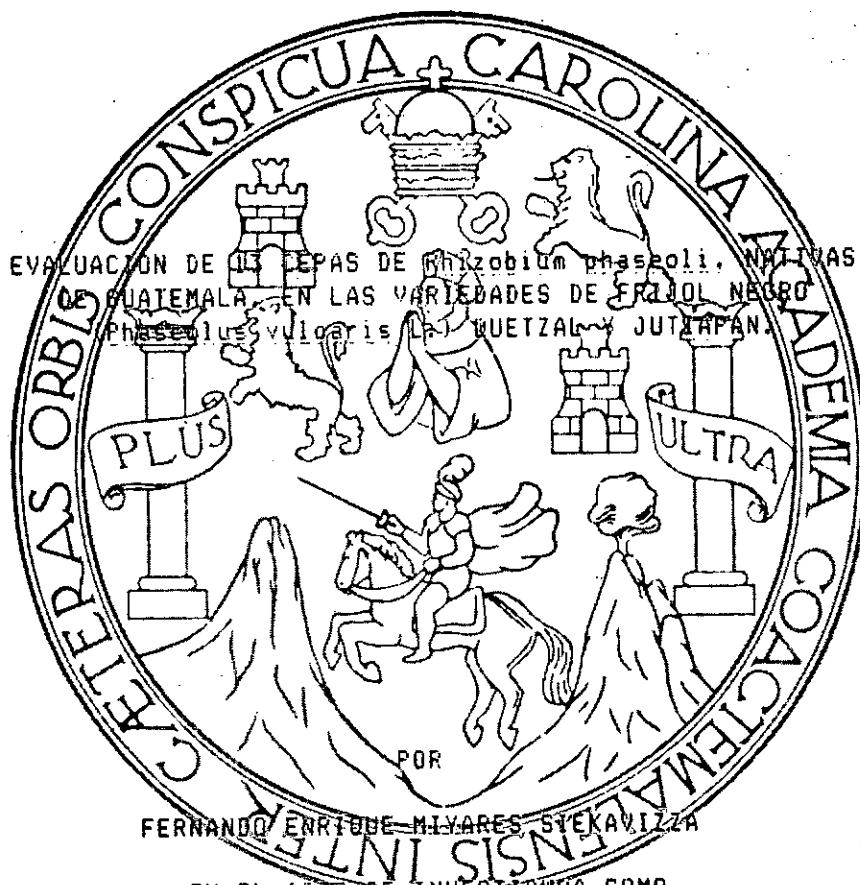


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA



EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE

PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO DE LICENCIADO

GUATEMALA, MARZO DE 1987

Biblioteca Central

DL
01
T(973)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. Roderico Segura Trujillo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Inq. Agr. Cesar A. Castañeda
VOCAL PRIMERO	Inq. Agr. Gustavo A. Mendez G.
VOCAL SEGUNDO	Inq. Agr. Jorge E. Sandoval I.
VOCAL TERCERO	Inq. Agr. Mario Melgar Morales
VOCAL CUARTO	Br. Luis Molina Monterroso
VOCAL QUINTO	M. EP. Carlos Enrique Mendez
SECRETARIO	Inq. Agr. Luis A. Castañeda



Referencia
Asunto
.....

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1546

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

19 de marzo de 1987

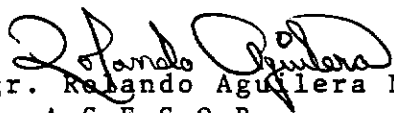
Ingeniero Agrónomo
César Castañeda
Decano, Facultad de Agronomía
Edificio T-9.

Señor Decano:

En base a la designación hecha por la Decanatura para realizar la asesoría del trabajo de investigación de tesis: "EVALUACION DE 13 CEPAS DE Rhizobium phaseoli, NATIVAS DE GUATEMALA, EN LAS VARIETADES DE FRIJOL NEGRO (Phaseolus vulgaris) QUETZAL Y JUTIAPAN", del estudiante Fernando Enrique Miyares Siekavizza, carnet número 8110042, me es grato informarle que la misma ha concluido satisfactoriamente, por lo que recomiendo su aprobación para ser publicada.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Rolando Aguilera Mejía
A S E S O R
Colegiado No. 157

c.c. Archivo
RAM/eqded.

Guatemala, 20 de marzo de 1986

Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos
Guatemala, Ciudad.

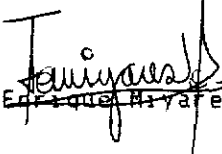
Honorables Señores:

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:

"EVALUACION DE 13 CEPAS DE Rhizobium phaseoli, NATIVAS DE GUATEMALA, EN LAS VARIETADES DE FRIJOL NEGRO (Phaseolus vulgaris) QUETZAL Y JUTIAPAN."

Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,


Fernando Enrique Mayares Siekavizza

ACTO QUE DEDICO

A Dios: Gran Arquitecto del Universo.

A mis padres: Ricardo Enrique Miyares Jordán
Rosario Armida Siekavizza A. de Miyares

A mis hermanos: Ricardo, Olga, Roxanda y Miriam

A mis abuelitos: Ricardo Miyares Castellanos (+)
Lidia O. Jordán v. de Miyares
Nicolas Siekavizza Ramirez (+)
Armida Alvarez v. de Siekavizza

A mis tios: Luis (tfo Neco), Leonel, Miriam,
Lolita, Roberto y Olga: Por sus
consejos y ayuda.

A mis primazos.

TESIS QUE DEDICO

- A: A mi Patria Guatemala
- A: La Universidad de San Carlos de Guatemala
- A: La Facultad de Agronomía
- Al: Instituto Adolfo V. Hall Central

CONTENIDOS

	Página
Resumen.....	i
I. Introducción.....	1
II. Justificación.....	2
III. Hipótesis.....	3
IV. Objetivos.....	4
V. Revisión Bibliográfica.....	5
VI. Materiales y Métodos.....	11
VII. Resultados y Discusión.....	16
VIII. Conclusiones.....	22
IX. Recomendaciones.....	23
X. Bibliografía.....	24
XI. Apéndice.....	26

INDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO 1. Cepas evaluadas y sus características observadas inicialmente en las plantas de donde se aislaron.....	11
CUADRO 2. Compuestos utilizados en la solución nutritiva de Sandmann.....	12
CUADRO 3. Características más importantes de las variedades de frijol ICTA-QUETZAL e ICTA-JUTIAPAN.....	13
CUADRO 4. Tratamientos Utilizados con la variedad ICTA-QUETZAL.....	15
CUADRO 5. Tratamientos Utilizados con la variedad ICTA-JUTIAPAN.....	15
CUADRO 6. Rendimiento medio de materia seca de plantas (Dos plantas por jarra de Leonard) y comparación múltiple de medias utilizando la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5% en la variedad de frijol Quetzal.....	18
CUADRO 7. Analisis de varianza al 5% de significancia para la variable peso de materia seca con la variedad Quetzal.....	18

CUADRO 8.	Rendimiento medio del peso de nódulos y comparación múltiple de medias utilizando la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5% en la variedad de frijol Quetzal.....	19
CUADRO 9.	Análisis de varianza al 5% de significancia para la variable peso de nódulos con la variedad Quetzal.....	19
CUADRO 10.	Rendimiento medio de materia seca de plantas (Dos plantas por jarra de Leonard) y comparación múltiple de medias utilizando la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5% en la variedad de frijol Jutiapan.....	20
CUADRO 11.	Análisis de varianza al 5% de significancia para la variable peso de materia seca de plantas con la variedad de frijol Jutiapan.....	20
CUADRO 12.	Rendimiento medio del peso de nódulos y comparación múltiple de medias utilizando la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5% en la variedad de frijol Jutiapan.....	21
CUADRO 13.	Análisis de varianza al 5% de significancia para la variable peso de nódulos con la variedad de frijol Jutiapan.....	21

APENDICE

CUADRO 1.	Rendimiento en peso de materia seca de plantas por unidad experimental para la variedad de frijol Jutiapan.....	27
CUADRO 2.	Rendimiento en peso de materia seca de planta por unidad experimental para la variedad Quetzal.....	27
CUADRO 3.	Rendimiento en peso de nódulos por unidad experimental para la variedad Jutiapan.....	28
CUADRO 4.	Rendimiento en peso de nódulos por unidad experimental para la variedad Quetzal.....	28

CUADRO 5.	Rendimiento de número de nódulos por unidad experimental para la variedad Jutiapan.....	29
CUADRO 6.	Rendimiento de número de nódulos por unidad experimental para la variedad Quetzal.....	29
CUADRO 7.	Condiciones de temperatura del invernadero durante los primeros 30 Días del desarrollo de los experimentos.....	30

FIGURAS

FIGURA 1.	Jarra de Leonard y sus partes.....	12
-----------	------------------------------------	----

RESUMEN

Una opción a la aplicación de fertilizantes nitrogenados lo constituye la utilización de *Rhizobium* en las leguminosas como medio de suplir las necesidades de nitrógeno a través de la fijación simbiótica, ya que con ello se puede lograr aumento de la producción en forma económica y fácil. Por lo que es de suma importancia conocer las cepas de *Rhizobium* que de acuerdo a nuestro medio desarrollen una alta fijación de nitrógeno que pueda ser aprovechado por las variedades de cada especie de leguminosas sembradas.

El presente trabajo tuvo como objetivo seleccionar de 13 cepas de *Rhizobium phaseoli* nativas de Guatemala, las de mayor potencial de fijación de nitrógeno para las variedades de frijol negro Quetzal y Jutiapán.

La investigación se realizó a nivel de invernadero y tuvo una duración de 40 días desde la siembra hasta la cosecha. Se utilizó la técnica "Jarras de Leonard" (18).

El diseño empleado en los experimentos fue completamente al azar con 4 repeticiones, utilizándose las 13 cepas de *Rhizobium* y 2 testigos (un tratamiento sin inóculo y otro con nitrógeno inorgánico). Cada variedad de frijol se analizó por separado, dado el efecto de selectividad y especificidad que existe entre la simbiosis *Rhizobium*-Leguminosa. Cada experimento tuvo un total de 60 unidades experimentales. Se analizaron los parámetros peso de materia seca de plantas, peso de nódulos y número de nódulos.

En relación a las conclusiones obtenidas las cepas de *Rhizobium* que lograron mejor desarrollo de plantas aunado a una mejor nodulación en la variedad Quetzal son P-GAAG no. 17, 20, 22, 24, y en la variedad Jutiapan las cepas P-GAAG no. 17, 20, 24; las cepas cuyo rango de adaptabilidad mostró ser la mejor para ambas variedades de frijol fueron las P-GAAG no. 17, 20, 24; la cepa que presentó el mejor rango de infectividad con las variedades Quetzal y Jutiapan, y además alto potencial de efectividad fue la P-GAAG no. 24; la cepa que en la variedad Quetzal reunió las características de infectividad y mayor rendimiento de materia de materia seca fue la P-GAAG no. 25, y en la variedad Jutiapan la P-GAAG no. 23; el peso de nódulos puede ser índice de eficiencia simbiótica, ya que los datos obtenidos reflejan en cierta forma el desarrollo y contenido de materia seca observado en las plantas.

En base a las conclusiones se recomienda evaluar bajo condiciones de invernadero en macetas con suelo, las cepas seleccionadas como las de mayor potencial de fijación de nitrógeno antes de ser evaluadas en condiciones naturales.

I. INTRODUCCION

Los suelos de Guatemala presentan con pocas excepciones, deficiencias de nitrógeno, necesitando los cultivos de la aplicación de fertilizantes nitrogenados inorgánicos que unida a la creciente alza de precios hacen que se obtenga una baja rentabilidad de producción.

La utilización de Rhizobium en las leguminosas, como medio de suplir las necesidades de nitrógeno a través de la fijación simbiótica se presenta como una alternativa viable para lograr aumento de la producción en forma económica y fácil, aunque es de suma importancia saber que existe reciprocidad entre la cepa de Rhizobium y el hospedante, lo que obliga a que se investigue cuál o cuales cepas deben ser usadas con las variedades de cada especie de leguminosas sembradas.

Esta investigación tuvo como objetivo básico evaluar 13 cepas de Rhizobium phaseoli nativas de Guatemala con las variedades de frijol negro Quetzal y Jutiapan, que el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) está recomendando actualmente por su alto rendimiento y resistencia a las enfermedades más comunes.

Al final del estudio se seleccionaron las mejores cepas fijadoras de nitrógeno para que puedan ser trabajadas en futuras investigaciones de campo.

La investigación se realizó con apoyo técnico y físico de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de su personal especializado, instalaciones, materiales y equipo existente.

II. JUSTIFICACION

Uno de los problemas más apremiantes de la Agronomía, es determinar como mejorar la disponibilidad de nitrógeno biológico o fijado para las plantas por el Rhizobium.

La utilización de Rhizobium como fuente de nitrógeno por fijación simbiótica constituye una alternativa de consideración ya que con el uso de estas bacterias es factible reducir los costos de producción; más para ello es necesario conocer que cepas en nuestro medio presentan el mejor comportamiento para interactuar con las plantas hospederas.

III. HIPOTESIS

Dentro de 13 cepas de Rhizobium phaseoli evaluadas, existe por lo menos una con mejores características de nodulación en las plantas de frijol y que a su vez producirá mayor rendimiento de materia seca de la planta en relación a las demás.

IV. OBJETIVOS

Seleccionar de 13 cepas de *Rhizobium phaseoli* las de mayor potencial de fijación de nitrógeno para las variedades de frijol bajo estudio.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Generalidades Sobre la Fijación de Nitrógeno Atmosférico.

El nitrógeno es uno de los 2 elementos esenciales existentes en mayor abundancia en la naturaleza y es uno de los más necesarios para el desarrollo de las plantas (17).

Cerca del 78% de la atmósfera está constituida de nitrógeno gaseoso y aproximadamente el 95% del nitrógeno existente del suelo se encuentra en forma orgánica, por lo tanto apenas el 5% del nitrógeno del suelo se encuentra en forma inorgánica (amonio o nitrato) de rápida asimilación para las plantas.

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 microorganismos procarióticos (bacterias fijadoras libres, simbióticas y algas cianofíceas) (17).

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 (17).

A la forma de fijación simbiótica pertenecen todas aquellas formas de vida que necesitan del concurso de otros organismos para fijar el nitrógeno, como es el caso del Anabaena y el Rhizobium, que necesitan al alga Azolla y las plantas leguminosas respectivamente (2).

La planta leguminosa huésped proporciona al Rhizobium la energía necesaria para que se produzca la fijación del nitrógeno molecular, capturando energía de la luz solar por fotosíntesis (8). En la fijación simbiótica de nitrógeno entre Rhizobium y leguminosa, ninguno de los dos organismos es capaz de fijar nitrógeno por sí solo. El lugar donde se realiza la fijación de nitrógeno corresponde a los nódulos formados sobre las raíces de la leguminosa como resultado de la penetración de Rhizobium (10).

5.2 La Simbiosis Rhizobium-Leguminosa.

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

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

Se puede encontrar un efecto de resistencia a nodular por parte de las plantas. Dobereiner (12) denota una resistencia genética de las plantas a no nodular, y ésta resistencia de las plantas a la infección por Rhizobium específico es gobernada por genes recesivos, que controlan la no nodulación, lo que conlleva a que diferentes juegos cromosómicos afectan la nodulación en diferentes cultivares.

5.2.1 Selectividad y Especificidad.

Hace 20 años existía la tendencia a pensar en las leguminosas como socios pasivos en la fijación de nitrógeno y atribuir todas las cualidades importantes al *Rhizobium* (13). Aunque no existe duda en que es la bacteria la que fija nitrógeno el nitrógeno a través de la enzima nitrogenasa y que existen cepas con diferencias en su eficiencia fijadora, la planta también controla la actividad de fijación a través de no menos 10 genes que tienen funciones de controlar el tiempo hasta la nodulación, la selección de ciertas cepas de bacterias en la rizosfera y los niveles de fijación que alcanza la simbiosis (13).

Los factores antes mencionados han dado lugar a establecer el término "selectividad" y "especificidad". 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 o variedad de leguminosa puede seleccionar el tipo de *Rhizobium* que la puede infectar (13).

Los rhizobiólogos han estudiado que existe cierta capacidad en cada especie de *Rhizobium* clasificada de nodular a uno o varios géneros de leguminosas (no debe entenderse la capacidad de nodulación como sinónimo de capacidad de fijación de nitrógeno en forma efectiva) dentro de esta última situación puede explicarse la definición la especificidad ya que en muchos casos una especie y/o cepa de *Rhizobium* que nodula eficientemente a una determinada especie de leguminosa no puede hacerlo si se cambia la especie y/o variedad de la planta, esto es debido indudablemente a factores genéticos específicos (13).

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 (8).

La invasión, nodulación y fijación de nitrógeno por las especies de *Rhizobium* dependen sobre 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 y sobre distintos factores ambientales que incluyen la rizosfera (4).

5.2.2 Proceso de Infección.

Algunos investigadores han demostrado que el número de células de *Rhizobium* específico que puede aumentar considerablemente junto a su superficie radicular de la leguminosa hospedera en cantidades superiores a la esperada con base en la tasa de crecimiento del *Rhizobium*. Esta observación sugiere que sustancias existentes en la superficie radicular estarían atravesando el *Rhizobium* específico (17).

El primer paso es la colonización de la rizosfera por los rizobios, los cuales comienzan a multiplicarse por el efecto de los estímulos que producen los exudados de la raíz, al mismo tiempo que ocurre este proceso se presenta el fenómeno de la adsorción del *Rhizobium* a las raíces, el cual se supone es provocado por la acción de proteínas o glicoproteínas denominadas lectinas, que tienen la capacidad de unirse a ciertos azúcares en forma muy específica en cada organismo, este fenómeno favorece que exista selección de la planta al *Rhizobium* a la planta ya que un tipo de lectina generada por una planta (se supone que la lectina tiene enlace bivalente) se unirá en uno de sus enlaces al azúcar de la planta y en otro a un azúcar de la bacteria que fué común a este. Debe explicarse que esta teoría no es un fenómeno fundamental para las leguminosas tropicales que contribuye a la selectividad de la infección (2).

El siguiente evento del proceso de infección es la formación del hilo infectivo. Esto ocurre a lo largo del pelo radical y se ha supuesto puede ocurrir por varias causas. Los estudios más recientes demuestran que el *Rhizobium* produce enzimas pectolíticas tales como celulosa y otra enzima supuestamente hemicelulosa que destruye la pared celular del vegetal cercano a la bacteria y le permite su entrada y luego la formación del hilo infectivo (2).

El hilo de infección penetra las células de la raíz, se salen las bacterias cocoides multiflageladas y se sitúan en una célula tetraploide de la corteza radical (2). La bacteria se multiplica dentro, formando nódulos, esto se da porque las bacterias se convierten en bacteroides que no son más que bacterias que poseen vesículas bacteroidales producidas posiblemente por la adecuación de un nuevo balance en la concentración de diferentes enzimas hidrolíticas (2).

Dentro del nódulo, la bacteria toma el nitrógeno atmosférico y lo transforma en un compuesto aprovechable para la planta (3).

Una buena nodulación normalmente da indicaciones de que la leguminosa hospedera se está beneficiando de la fijación de nitrógeno. Para que halla una nodulación abundante, se forma necesariamente una alta población de rizobio específico junto o próximo a la superficie radicular de la leguminosa hospedera (17).

5.2.3 Fisiología de la Fijación del Nitrógeno por el *Rhizobium*.

El principal producto de la fijación del nitrógeno es el amonio (NH_3), el cual es asimilado tan rápido como es formado (15).

La molécula de nitrógeno es un gas inerte y muy estable, poco reactivo debido al triple enlace que posee (2).

Los sistemas biológicos que fijan nitrógeno utilizan una enzima llamada nitrogenasa que forma reactiva la molécula de nitrógeno en condiciones del ambiente (15).

Los sustratos necesarios para la reacción de la nitrogenasa y formación de NH_3 son: 6 electrones generados, 6 moléculas de H: $\text{N} + 6\text{e}^- + 6\text{H} = \text{NH}_3$. 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 (15).

Otro sustrato que debe estar presente es el ión Mg, ya que sino

Otro sustrato que debe estar presente es el ión Mg, ya que sino existe la enzima nitrogenasa no funciona. El Mg forma una sal con el ATP (MgATP) la cuál permite que seda la energía que éste pueda dar (15).

En presencia de oxígeno las proteínas de la nitrogenasa son destruidas de tal forma que el bacteroide posee una sustancia denominada Laeqmoqlovin, esta sustancia funciona como un oxirreductor y sirve de trampa en las moléculas de oxígeno para que no interfieran con la actividad de la nitrogenasa (15).

Formado el amonio, existen 2 vías para asimilarlo: una directa que no dispensa de energía y utiliza el amonio para formar glutamato y otra más larga que precisa de usar energía y 2 enzimas: Glutamina sintetasa y Glutamato sintetasa. El glutamato se considera como un compuesto necesario para la formación de aminoácidos (15).

5.2.4 Criterio de Efectividad de la Fijación Simbiótica.

La base más directa de la evaluación es el nitrógeno total obtenido por la planta, a raíz de su asociación con un *Rhizobium* específico. Sin embargo la cantidad de trabajo que supone su determinación es considerable, puede limitar seriamente la magnitud de los experimentos y tal vez no se justifique.

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 en realidad muy relacionados, aunque puede perderse cierto grado de diferenciación cuando se usa peso, debido a la mayor concentración de nitrógeno en el tejido de plantas con un cantidad adecuada de este elemento, que en las plantas deficientes (18).

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 (10).

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 (18).

Si bien el rendimiento de una parcela de 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 porción 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 (18).

Una clasificación basada en la nodulación resulta a menudo difícil. Cuando los rizobios naturales son escasos o claramente ineficaces, el establecimiento logrado por el inóculo más eficaz puede agruparse mediante un examen directo de la presencia, posición y forma de los nódulos. Esto último puede también dar un indicio de la rapidez con que se ha establecido el inoculante (18).

Las estimaciones visuales progresivas son importantes, pero para la evaluación definitiva es indispensable determinar el

rendimiento (18).

No hay que olvidar que en el frijol común encontramos una gran diversidad genética reflejada en parte por los diferentes hábitos de crecimiento que se presentan por lo tanto es de gran interés conocer las diferencias en cuanto a la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico por cada tipo de hábito asociado con *Rhizobium phaseoli* (16).

Dobereiner y Franco (11) en experimentación pudieron concluir que de hecho existe un comportamiento diferente en la fijación de nitrógeno en las cepas cuando está en simbiosis con diferentes variedades de frijol común.

Dobereiner y Costa (11) observaron diferencias significativas entre variedades en relación al peso de nódulos, más también entre razas dentro de las variedades.

Burton (11) concluyó en un experimento que una determinada cepa de *Rhizobium* puede mostrar varios grados de eficiencia en una misma especie dependiendo de la variedad.

Lima y Puppín (16) verificaron un efecto significativo de la variedad, las cepas y un efecto interactivo entre simbiotes, los pesos de materia seca y los niveles de nitrógeno total en las plantas.

La primera etapa de un programa de selección de cepas se relaciona con la evaluación de las cepas en invernadero, usando como sustrato arena o solución nutritiva. Las cepas con alta actividad fijadora de nitrógeno atmosférico determinará un mayor peso de materia seca de la parte aérea y/o una mayor concentración de nitrógeno total.

A continuación las mejores cepas deben ser evaluadas en cuanto a su especificidad hospedera en términos de fijación de nitrógeno atmosférico y la capacidad competitiva por ciclos de infección nodular tanto en arena y solución nutritiva como en suelo en caso de invernadero (17).

5.2.5 Algunos Factores Externos que Pueden Influir en la Fijación de Nitrógeno.

Son varios los factores que pueden influir al respecto, siendo los más importantes el pH, la temperatura del suelo y los niveles de fertilidad del mismo (1).

La temperatura como factor actuante ha sido considerada con leves discrepancias que oscila entre 18 y 30 grados centígrados, sin causar efectos negativos en el *Rhizobium*.

Franco y Dobereiner, citados por Aquilera (1), efectuando estudios con algunos elementos nutritivos para las plantas, encontraron que el molibdeno y el calcio fueron capaces de aumentar la fijación de nitrógeno por el *Rhizobium* aunque el molibdeno en exceso fue perjudicial.

Rushel, Alvahydo y Penteado, citados por Aquilera (1), trabajaron con magnesio y dicen que este es indispensable para el desarrollo del *Rhizobium*, dado que experimentos efectuados demostraron que en ausencia de éste la bacteria prolifera poco.

Hablando siempre sobre el factor fertilidad, Erdamn citado por Aquilera (1), dice que en los suelos de alta fertilidad con altos niveles de nitrógeno en forma de nitratos las leguminosas pueden fijar poco o nada el nitrógeno atmosférico.

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1 Sede de los Experimentos.

El estudio se llevó a cabo en el invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, situado en la Ciudad Universitaria zona 12, en la ciudad de Guatemala.

6.2 Cepas Evaluadas.

Las cepas de *Rhizobium* evaluadas fueron facilitadas por el Proyecto de Fijación Biológica de Nitrógeno (F.B.N.) de la Facultad de Agronomía. Dichas cepas son nativas de suelos de Guatemala donde se siembra frijol y fueron recolectadas por Javier Campos en la elaboración de su tesis de grado (5).

CUADRO 1 CEPAS EVALUADAS Y SUS CARACTERISTICAS OBSERVADAS INICIALMENTE EN LAS PLANTAS DE DONDE SE AISLARON (5).

Cepas Evaluadas	Características Observadas Inicialmente de las Cepas	Serie de Suelos
3	! Poca infectividad, poca eficiencia	Ayarza
5	! Baja nodulación, cepa ineficiente	A. Fraquas
6	! Baja nodulación, poca eficiencia	Culma
11	! Alta nodulación, mediana eficiencia	Tolimán
12	! Baja nodulación.	Comapa
13	! Alta nodulación, cepa eficiente	Jiqua
16	! Alta nodulación, cepa eficiente	Balanjuyú
17	! Mala nodulación.	Zacualpa
20	! Alta infectividad, mediana eficiencia	Camancha
22	! Baja nodulación, cepa ineficiente	Cuilapa
23	! Baja nodulación.	Chipo
24	! Baja nodulación.	Chol
25	! Alta nodulación, alta infectividad	Cutzán

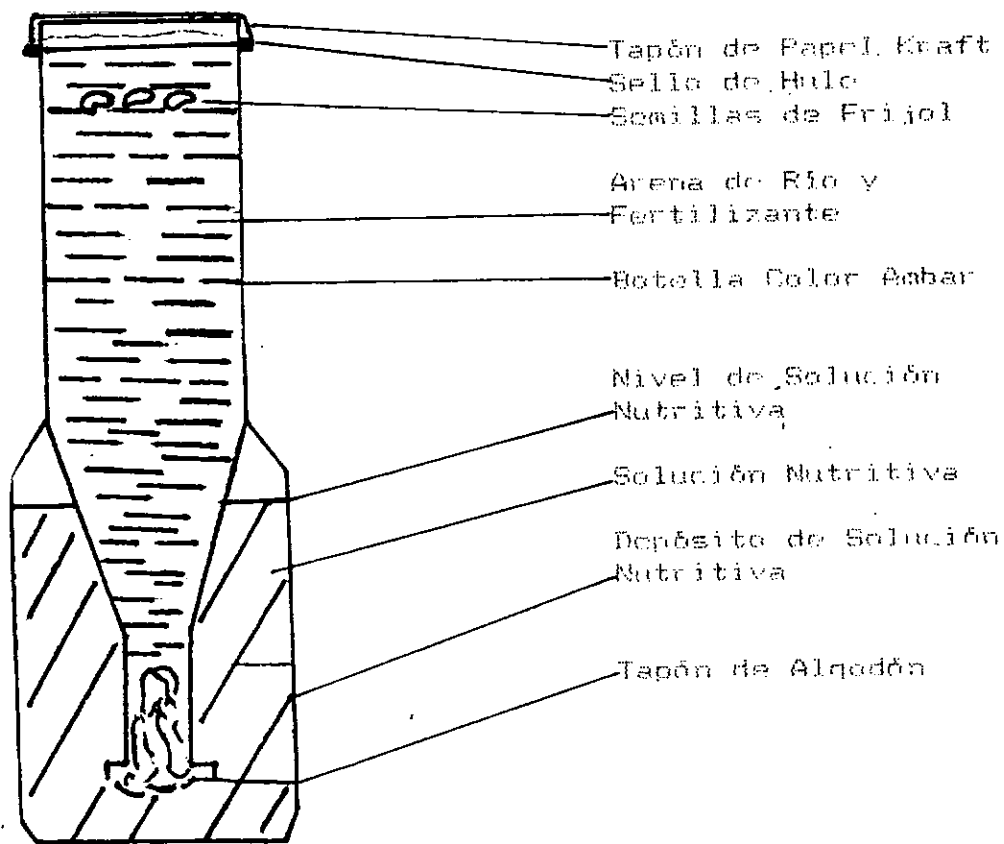
6.3 Jarras de Leonard.

La jarra es un sustituto de una maceta, con la ventaja de que en ella se pueden hacer crecer plantas en un sustrato estéril alimentado por una solución nutritiva. Para el efecto se utilizan botellas color ambar cortadas en el fondo a las que se colocan tapones de algodón en la parte inferior (a manera de filtro). Luego se coloca en cada botella 460 grs. de arena de río previamente fertilizada con Ca y Mg en las dosis recomendadas por Aquilera (1). El resto de nutrientes se aplica usando la solución que recomienda Sandmann. La jarra completa se esteriliza, previo a su uso en un horno Pasteur a 160 grados centígrados por 4 horas.

CUADRO 2. COMPUESTOS UTILIZADOS EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA DE SANDMANN.

Compuesto	Peso compuesto en gramos aplicado por J. de Leonard
KCl	0.1419
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.4695
K ₂ HPO ₄	0.3314
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.000079
ZnSO ₄ ·4H ₂ O	0.00077
MnSO ₄ ·4H ₂ O	0.00203
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	0.00001
H ₃ BO ₃	0.00113
FeS ₄	0.0025
C ₆ H ₈ O ₄ ·H ₂ O	0.6904
CaSO ₄ ·2H ₂ O	0.0114
KNO ₃	

FIGURA 1. JARRA DE LEONARD Y SUS PARTES



6.4 Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Las variedades de frijol seleccionadas para este estudio fueron : ICTA-QUETZAL e ICTA-JUTIAPAN, las cuales son recomendadas comercialmente por el programa de frijol del ICTA, por su alto rendimiento y resistencia a las enfermedades más comunes. Tomando las características más importantes, se describen las variedades en el CUADRO 3.

CUADRO 3 CARACTERISTICAS MAS IMPORTANTES DE LAS VARIEDADES DE FRIJOL ICTA-QUETZAL E ICTA-JUTIAPAN.

Descripción de la planta	ICTA-QUETZAL	ICTA-JUTIAPAN
Tamaño	50 cms	60 cms
Hábito de Crecimiento	Determinado	Determinado
Días a Floración	35-40	35-40
Color de la Flor	lila	lila
Ciclo Vegetativo	85-90 días	85-90 días
Color de la Semilla	negro	negro
Rendimiento en kg/Ha	1000-1500	1000-1500
Adaptación en msnm	0 -1000	0-1000

Se utilizaron de cada variedad semillas limpias de tamaño uniforme las cuáles se desinfectaron de la siguiente manera: durante un minuto se les dejó en bicloruro de mercurio al 0.1% y por último se lavaron 6 veces con agua estéril para eliminar el bicloruro de mercurio (18).

6.5 Metodología de Establecimiento del Experimento.

6.5.1 Siembra de los Experimentos:

Las semillas desinfectadas se colocaron en número de 4 por Jarra de Leonard. A los 7 días, después de germinadas se efectuó un raleo dejando únicamente 2 plantas por jarra con el fin de que no existiera competencia en el desarrollo de las mismas.

6.5.2 Inoculación de los Experimentos:

Inmediatamente después del raleo de plantas, se procedió a inocular el *Rhizobium* de acuerdo a los tratamientos

seleccionados. La inoculación se hizo utilizando pipetas estériles, con las que se aplicó a cada jarra un mililitro de una suspensión de bacterias de Rhizobium con una concentración de células de 1×10^8 .

6.5.3 Control u Mantenimiento de los Experimentos:

En los 30 días siguientes únicamente fue necesario mantener el nivel de la solución nutritiva a cada Jarra de Leonard.

6.6 Toma de Datos.

En base a los días de floración las plantas se cosecharon a los 40 días de la siembra y los datos tomados fueron:

- a) La altura de la base al meristemo apical de la planta.
- b) Peso de la parte aérea de las plantas.
- c) Número de nódulos de las raíces y el peso de los mismos.

6.7 Manejo de los Experimentos:

Los experimentos se llevaron a cabo en un ambiente que cumpliera con las condiciones externas de pH, fertilidad y temperatura descritos en el capítulo V.

El pH y la fertilidad se controlaron utilizando las Jarras de Leonard como se explica en el numeral 6.3 y para conocer la condición de temperatura durante los primeros 30 días de desarrollo de los experimentos se llevó un control diario de la misma dentro del invernadero. Estos datos se presentan en el cuadro 7 del Apéndice y en el que se observa el promedio de temperatura fue de 28.2 grados centígrados para ambos experimentos.

A los 29 días de establecidos los experimentos se aplicó el insecticida Decis, para control de Mosca Blanca (Bemisia sp.) y Minadores (Ophiomya phaseoli).

6.8 Diseño del Experimento.

Debido a que las condiciones del invernadero son homogéneas el diseño empleado en los experimentos fue un completamente

al azar con cuatro repeticiones, utilizándose las 13 cepas de Rhizobium y dos testigos (un tratamiento sin inóculo y otro con nitrógeno inorgánico) ver cuadros 4 y 5.

Cada variedad de frijol se analizó por separado, dado el efecto de selectividad y especificidad que existe entre la simbiosis Rhizobium-Leguminosa. Cada experimento tuvo un total de 60 unidades experimentales.

6.8.1 Modelo Estadístico (7).

$$Y_i = \mu + T_i + E_i$$

En donde:

μ = Efecto de la media general.

T_i = Efecto de la i -ésima modalidad del factor T.

E_i = Efecto del error experimental asociado a la i -ésima unidad experimental.

CUADRO 4 TRATAMIENTOS UTILIZADOS CON LA
VARIEDAD ICTA-QUETZAL

Número de Tratamiento	Tratamiento	
1	Inoculación de la cepa 3 P-GAAG	Sin N
2	Inoculación de la cepa 5 P-GAAG	Sin N
3	Inoculación de la cepa 6 P-GAAG	Sin N
4	Inoculación de la cepa 11 P-GAAG	Sin N
5	Inoculación de la cepa 12 P-GAAG	Sin N
6	Inoculación de la cepa 13 P-GAAG	Sin N
7	Inoculación de la cepa 16 P-GAAG	Sin N
8	Inoculación de la cepa 17 P-GAAG	Sin N
9	Inoculación de la cepa 20 P-GAAG	Sin N
10	Inoculación de la cepa 22 P-GAAG	Sin N
11	Inoculación de la cepa 23 P-GAAG	Sin N
12	Inoculación de la cepa 24 P-GAAG	Sin N
13	Inoculación de la cepa 25 P-GAAG	Sin N
14	Sin inoculación de Rh. phaseoli	Sin N
15	Sin inoculación de Rh. phaseoli	Con N

CUADRO 5. TRATAMIENTO UTILIZADOS CON LA
VARIEDAD ICTA-JUTIAPAN

Número de Tratamiento	Tratamiento	
1	Inoculación de la cepa 3 P-GAAG	Sin N
2	Inoculación de la cepa 5 P-GAAG	Sin N
3	Inoculación de la cepa 6 P-GAAG	Sin N
4	Inoculación de la cepa 11 P-GAAG	Sin N
5	Inoculación de la cepa 12 P-GAAG	Sin N
6	Inoculación de la cepa 13 P-GAAG	Sin N
7	Inoculación de la cepa 16 P-GAAG	Sin N
8	Inoculación de la cepa 17 P-GAAG	Sin N
9	Inoculación de la cepa 20 P-GAAG	Sin N
10	Inoculación de la cepa 22 P-GAAG	Sin N
11	Inoculación de la cepa 23 P-GAAG	Sin N
12	Inoculación de la cepa 24 P-GAAG	Sin N
13	Inoculación de la cepa 25 P-GAAG	Sin N
14	Sin inoculación de Rh. phaseoli	Sin N
15	Sin inoculación de Rh. phaseoli	Sin N

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados: Número de nódulos, peso de nódulos y peso de materia seca de plantas, se analizaron en forma separada por cada variedad.

7.1 Número de Nódulos.

Tanto para la variedad Quetzal como para la Jutiapan, el análisis de varianza para número de nódulos no mostró diferencias significativas entre las medias de los tratamientos con inoculantes.

Por lo tanto en el presente estudio no es posible utilizar el criterio "número de nódulos" para diferenciar la mejor o mejores cepas fijadoras de nitrógeno en las variedades estudiadas, ya que los valores obtenidos no reflejan el tamaño o desarrollo de los nódulos en la raíz, ni el desarrollo de la parte aérea.

Estos datos se apoyan en las observaciones que hace Dobereiner et al citado por Aguilera (1) cuando dicen que no existe correlación entre el número de nódulos y la fijación de nitrógeno atmosférico, dada la variabilidad que muestra el número de los mismos en las plantas.

7.2 Peso de Nódulos y Peso de Materia Seca de Plantas.

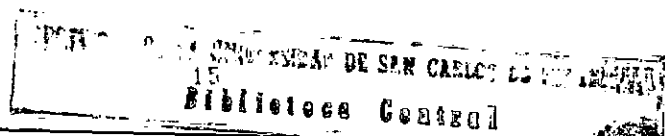
En los cuadros 6, 8, 10 y 12 se observa que las cepas de *Rhizobium* P-GAAG no. 17, 20, 22 y 24 evaluadas con la variedad Quetzal y las cepas P-GAAG no. 17, 20 y 24 con la variedad Jutiapan mostraron ser estadísticamente iguales entre sí y superiores al resto de las evaluadas, ya que produjeron mayor peso de tejido nodular así como también las plantas inoculadas con estas cepas produjeron mayor peso de materia seca que los otros tratamientos.

Si se interseccionan en un grupo las cepas que aparecen en las dos variedades de frijol nos daremos cuenta que sólo las cepas P-GAAG no. 17, 20 y 24 presentan esta característica que ayuda al criterio de considerar a estas como las mejores de las evaluadas. Las observaciones de Dobereiner et al, citado por Aguilera (1) indica que existe una relación directa entre el peso de tejido nodular y la cantidad de nitrógeno fijado. Si se considera esta observación como criterio de selección basándonos en los resultados observados podrían considerarse a las tres cepas ya mencionadas como las mejores del grupo.

En el cuadro 6 y en lo que respecta al tratamiento testigo con nitrógeno, con la variedad Quetzal, debe aclararse que los promedios de materia seca de plantas que dicho tratamiento presenta fueron muy bajos, contrario a lo esperado, debido a que tres unidades experimentales fueron afectadas por una pudrición radical, cosa que no sucedió con la variedad Jutiapan, cuyos datos en el cuadro 10 muestran el efecto esperado con el mismo tratamiento.

7.3 Aspectos de Especificidad y Selectividad.

Utilizando las mismas variables (peso de materia seca y nódulos), se observó un efecto entre inoculante y variedad, lo cual ha sido citado bajo el tema "Selectividad y Especificidad entre Hospedero y Cepa de *Rhizobium*" por Graham (13), Dobereiner (11) y Aguilera



(1).

Las cepas que produjeron valores promedios más altos en peso de materia seca y peso de nódulos, se pueden considerar como las más eficientes fijadoras de nitrógeno de las variedades de frijol empleadas. Aunque en cada variedad un grupo de cepas superó a las demás, es observable que la P-GAAG no. 24 es la que mejor nodula a la variedad Quetzal y Jutiapan, lo que hace que ésta se caracterice por un rango de hospedantes y eficiencia de infectividad más amplio que las demás. Esto no implica que sea la más efectiva y basta observar los cuadros 6 y 10 con los datos promedio de la variedad Quetzal y Jutiapan que muestra que las mejores cepas para producir biomasa de plantas fueron las cepas P-GAAG no. 25 y 23 respectivamente.

Los resultados mostrados a través de los análisis efectuados permiten escoger entonces, dentro de las cepas estudiadas las mejores para darles un seguimiento de investigación.

Para amplio rango de infectividad en plantas, además de producir más materia seca de plantas, la cepa P-GAAG no. 24.

Para infectividad y mejor respuesta al desarrollo de plantas medido en función de la materia seca producida en la variedad Quetzal, la cepa P-GAAG no. 25.

Para infectividad y mejor respuesta al desarrollo de plantas, medido en función de la materia seca producida en la variedad Jutiapan, la cepa P-GAAG no. 23.

CUADRO 6 RENDIMIENTO MEDIO DE MATERIA SECA DE PLANTAS (DOS PLANTAS POR JARRA DE LEONARD) Y COMPARACION MULTIPLE DE MEDIAS UTILIZANDO LA PRUEBA DE TUKEY A UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5% EN LA VARIEDAD DE FRIJOL QUETZAL.

Tratamiento	L.	Peso de M.S. de Planta (grs)
25	a	1.050
22	a	0.800
24	a	0.775
17	a	0.725
20	a	0.725
12	a	0.675
3	a	0.650
13	a	0.600
17	b	0.575
5	b	0.550
23	b	0.500
6	b	0.475
Sin N ₂	c	0.350
11	c	0.225
Con N ₂	c	0.167

L. = Lectura

Nota: Las variables con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia.

CUADRO 7 ANALISIS DE VARIANZA AL 5% DE SIGNIFICANCIA PARA LA VARIABLE PESO DE MATERIA SECA CON LA VARIEDAD QUETZAL.

F.V.	S.C.	C.M.	F.calculada
Tratamiento	2.477	0.177	1.934 †
Error	4.025	0.147x10	
Total	6.502		

† = Significativo al 5% de Probabilidad.

CUADRO 8 RENDIMIENTO MEDIO DEL PESO DE NODULOS Y COMPARACION MULTIPLE DE MEDIAS UTILIZANDO LA PRUEBA DE TUKEY A UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5% EN LA VARIEDAD DE FRIJOL QUETZAL.

Tratamiento	L.	Peso de Nódulos (grs)
24	a	1.175
5	a	1.100
17	a	0.967
22	a	0.933
20	a	0.925
25	b	0.875
23	b	0.850
16	b	0.795
13	b	0.675
3	b	0.650
6	b	0.633
12	c	0.450
11	c	0.367

L = Lectura

Nota: Las variables con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia.

CUADRO 9 ANALISIS DE VARIANZA AL 5% DE SIGNIFICANCIA PARA LA VARIABLE PESO DE NODULOS CON LA VARIEDAD QUETZAL.

F.V	S.C.	G.L.	C.M.	F.calculada
Tratam.	2.356	12	0.196	2.214 *
Error	3.014	34	8.865x10	
Total	5.370			

* = Significativo al 5% de Probabilidad

CUADRO 10 RENDIMIENTO MEDIO DE MATERIA SECA DE PLANTAS (DOS PLANTAS POR JARRA DE LEONARD) Y COMPARACION MULTIPLE DE MEDIAS UTILIZANDO LA PRUEBA DE TUKEY A UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5% EN LA VARIEDAD DE FRIJOL JUTIAPAN.

Tratamiento	L.	Peso de M.S. Plantas (grs)
Con N ₂	a	1.000
23	a	0.925
17	a	0.900
24	a	0.775
12	a	0.650
20	a	0.650
25	b	0.625
22	b	0.625
16	b	0.625
3	b	0.625
Sin N ₂	b	0.625
13	b	0.600
11	b	0.600
6	b	0.575
5	c	0.375

L. = Lectura

Nota: Las variables con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia.

CUADRO 11 ANALISIS DE VARIANZA AL 5% DE SIGNIFICANCIA PARA LA VARIABLE PESO DE MATERIA SECA DE PLANTAS CON LA VARIEDAD DE FRIJOL JUTIAPAN.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.calculada
Tratam.	1.088	14	7.769x10	1.205 *
Error	2.708	42	6.446x10	
Total	3.795	56		

* = Significativo al 5% de Probabilidad

CUADRO 12 RENDIMIENTO MEDIO DEL PESO DE NODULOS Y COMPARACION MULTIPLE DE MEDIAS UTILIZANDO LA PRUEBA DE TUKEY A UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5% EN LA VARIEDAD DE FRIJOL JUTIAPAN.

Tratamientos	L.	Peso de Nódulos (grs)
24	a	1.050
17	a	1.050
16	a	1.050
22	a	1.050
20	a	1.025
5	a	1.025
23	b	0.975
12	b	0.975
6	b	0.950
3	b	0.925
11	b	0.900
13	b	0.875
25	b	0.850

L. = Lectura

Nota: Las variables con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia.

CUADRO 13 ANALISIS DE VARIANZA AL 5% DE SIGNIFICANCIA PARA LA VARIABLE PESO DE NODULOS CON LA VARIEDAD DE FRIJOL JUTIAPAN.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.calculada
Tratam.	0.284	12	2.369×10^{-4}	0.281 †
Error	3.283	39	0.084	
Total	3.567	51		

† = Significativo al 5% de probabilidad.

VIII. CONCLUSIONES

8.1 La evaluación de las cepas de Rhizobium que lograron mejor desarrollo de las plantas de las plantas aunado a una mejor nodulación en la variedad Quetzal son las siguientes: P-GAAG no. 17, 20, 22 y 24.

8.2. La evaluación de las cepas de Rhizobium que lograron mejor desarrollo de las plantas y a la vez una mejor nodulación en la variedad Jutiapan son las siguientes: P-GAAG no. 17, 20 y 24.

8.3 Las cepas cuyo rango de adaptabilidad mostró ser la mejor para ambas variedades de frijol fueron las P-GAAG 17, 20 y 24.

8.4 La cepa que presentó el mejor rango de infectividad con las variedades Quetzal y Jutiapan, y que además produjo en ambas plantas mejor desarrollo, fue la P-GAAG no. 24.

8.5 La cepa que en la variedad Quetzal reunió las características de infectividad y mayor rendimiento de materia seca fue la P-GAAG no. 25.

8.6 En la variedad Jutiapan la cepa que presentó las características de infectividad y mayor rendimiento de materia seca fue la P-GAAG no. 23.

8.7 El peso de nódulos puede ser índice de eficiencia simbiótica, ya que los datos obtenidos reflejan en cierta forma el desarrollo y contenido de materia seca observado en las plantas.

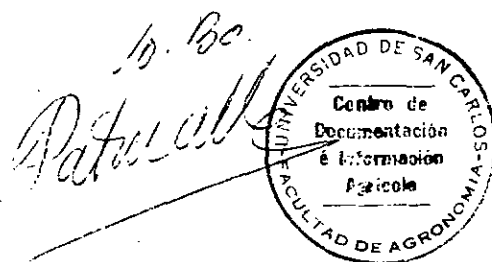
IX. RECOMENDACIONES

- 9.1 Se recomienda evaluar bajo condiciones de invernadero en macetas con suelo, las cepas seleccionadas como las de mayor potencial de fijación de nitrógeno antes de ser evaluadas en condiciones naturales.

X. 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, Facultad de Agronomía. 39 p.
2. _____ . s.f. Fijación de nitrógeno atmosférico por Rhizobium, su importancia y alternativa para Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 14 p.
3. ALAIDES, F.R. 1979. Curso sobre leguminosas y Rhizobium. Brasil, Centro de Energía Nuclear de Agricultura. 10 p.
4. BROSE, E. 1979. Importancia das leguminosas hospedeiras. Porto Allegre, Bra. s.e. 11 p.
5. CAMPOS, S. 1986. Aislamiento de cepas nativas de Rhizobium phaseoli en cuatro departamentos del centro de Guatemala; y observación preliminar de su comportamiento en la variedad San Martín de Phaseolus vulgaris. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 40 p.
6. CASAS, C. 1982. Fijación biológica de nitrógeno. México, MIRCEN, Boletín Informativo no. 2. 25 p.
7. COCHRAN, W. & COX, G. 1975. Diseños experimentales. México, Trillas. 661 p.
8. DANSO, S. y ESKEN, D. 1980. Aumento de la capacidad de fijación biológica del nitrógeno. México, Comen. Boletín no. 26. p. 2.
9. DE LA CRUZ, J. 1976. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basado en el Sistema Holdrige. Guatemala, INAFOR. 24 p.
10. DEVLIN, R.M. 1980. Fisiología vegetal. 3 ed. Barcelona, Esp, Omega. p. 328-332.
11. DOBEREINER, J. et al. 1967. Especificidad hospedera en la simbiosis con Rhizobium-frijol y la influencia de diferentes nutrientes. Río de Janeiro, Bra., Instituto de Pesquisas y Experimentación Agropecuarias. Boletín no. 48. p. 16.

12. _____ . 1978. Limitations and potential for biological nitrogen fixation in the tropics. New York, E.E.U.U., Plenus Press. 398 p.
13. GRAHAM, P. 1980. Importancia del hospedero en la nodulación y fijación de nitrógeno por leguminosas con algunas sugerencias para mejorarlas. Cali, Col, CIAT. 26 p.
14. MICROBIOLOGICAL RESOURCES CENTER. 1980. Catalogue of the Rhizobium strains in the general collection and list of efficient strains for legume inoculation. Porto Alegre, Bra., MIRCEN Informativo v. 2. p. 8.
15. _____ . 1980. Morfologia e bioquímica do Rhizobium. Rio Grande do Sul, Bra., MIRCEN Informativo v. 4. p. 23.
16. REUNION LATINOAMERICANA DE Rhizobium. (11., 1982, Lima). 1982. Rhizobium. Lima, Perú, Comen. 82 p.
17. VIDOR, C. 1983. Fixação biológica do nitrogênio pela simbiosise entre Rhizobium e leguminosa. Estado do Rio Grande do Sul, Bra, IFAGRO. Boletín Técnico no. 11. v. 1, p. 5.
18. VINCENT, J.M. 1975. Manual práctico de Rizobiología. Buenos Aires, Arg, Hemisferio Sur. 200 p.



XI. APENDICE

CUADRO 1 RENDIMIENTO EN PESO DE MATERIA SECA DE PLANTA
POR UNIDAD EXPERIMENTAL PARA LA VARIEDAD JUTIAPAN

Tratamiento	Repetición				Media (ars)
	I	II	III	IV	
Cepa No. 3	0.7	0.6	0.6	0.6	0.625
Cepa No. 5	0.5	0.5	0.2	0.3	0.375
Cepa No. 6	0.7	0.6	0.5	0.5	0.575
Cepa No. 11	0.8	1.2	0.2	0.2	0.600
Cepa No. 12	0.7	0.5	0.7	0.7	0.650
Cepa No. 13	0.6	0.6	0.5	0.7	0.600
Cepa No. 16	0.3	0.6	0.3	1.3	0.625
Cepa No. 17	0.6	0.9	0.9	1.2	0.900
Cepa No. 20	1.0	0.8	0.3	0.5	0.650
Cepa No. 22	0.7	0.7	0.6	0.5	0.625
Cepa No. 23	1.0	0.9	0.4	1.4	0.800
Cepa No. 24	0.7	1.0	0.6	0.8	0.775
Cepa No. 25	0.7	0.6	0.5	0.7	0.625
Sin N ₂	0.6	0.6	0.8	0.5	0.625
Con N ₂	1.0	0.3	0.1	0.2	0.150

CUADRO 2 RENDIMIENTO EN PESO DE MATERIA SECA DE PLANTA POR
UNIDAD EXPERIMENTAL PARA LA VARIEDAD QUETZAL

Tratamiento	Repetición				Media (ars)
	I	II	III	IV	
Cepa No. 3	1.2	0.3	0.7	0.4	0.650
Cepa No. 5	0.6	0.4	0.4	0.8	0.550
Cepa No. 6	0.2	0.5	0.6	0.7	0.500
Cepa No. 11	0.4	0.1	0.2	0.2	0.225
Cepa No. 12	0.4	1.1	0.5	0.7	0.675
Cepa No. 13	0.4	0.7	0.4	0.9	0.600
Cepa No. 16	0.6	0.6	0.5	0.6	0.575
Cepa No. 17	0.6	1.1	0.8	0.4	0.675
Cepa No. 20	0.8	1.1	0.8	0.2	0.725
Cepa No. 22	0.6	0.8	0.9	0.9	0.800
Cepa No. 23	0.5	0.4	0.3	0.8	0.500
Cepa No. 24	1.1	0.4	1.0	0.6	0.775
Cepa No. 25	1.2	0.2	1.0	1.8	1.050
Sin N ₂	0.6	0.3	0.2	0.3	0.305
Con N ₂	1.0	0.0	0.0	0.0	0.250

CUADRO 3 RENDIMIENTO EN PESO DE NODULOS POR UNIDAD EXPERIMENTAL PARA LA VARIEDAD JUTIAPAN

Tratamiento	Repetición				Media (qrs)
	I	II	III	IV	
Cepa No. 3	0.4	1.3	1.0	1.0	0.925
Cepa No. 5	1.5	1.2	0.2	1.2	1.025
Cepa No. 6	1.2	1.0	1.0	0.6	0.950
Cepa No. 11	0.6	1.1	1.0	0.9	0.900
Cepa No. 12	1.3	0.5	0.1	1.1	0.750
Cepa No. 13	0.8	1.0	0.7	1.0	0.750
Cepa No. 16	0.7	1.1	1.4	1.0	1.050
Cepa No. 17	0.9	1.0	1.3	1.0	1.050
Cepa No. 20	0.9	1.0	1.2	1.0	1.025
Cepa No. 22	1.1	1.4	0.6	1.0	1.025
Cepa No. 23	1.1	0.9	0.6	1.3	0.975
Cepa No. 24	1.1	1.1	1.0	1.0	1.050
Cepa No. 25	0.9	0.5	1.0	1.0	0.850

CUADRO 4 RENDIMIENTO EN PESO DE NODULOS POR UNIDAD EXPERIMENTAL PARA LA VARIEDAD QUETZAL

Tratamiento	Repetición				Media (qrs)
	I	II	III	IV	
Cepa No. 3	0.7	0.8	1.0	0.1	0.650
Cepa No. 5	0.9	1.0	0.1	1.4	0.850
Cepa No. 6	0.1	0.2	0.9	0.8	0.500
Cepa No. 11	0.6	0.4	0.1	0.1	0.300
Cepa No. 12	0.4	0.6	0.4	0.4	0.450
Cepa No. 13	0.6	0.8	0.2	1.1	0.675
Cepa No. 16	0.9	0.8	1.0	0.4	0.775
Cepa No. 17	1.3	1.1	0.5	0.1	0.750
Cepa No. 20	1.0	1.3	0.8	0.6	0.920
Cepa No. 22	1.4	0.1	0.9	0.5	0.725
Cepa No. 23	0.5	0.8	0.9	1.2	0.850
Cepa No. 24	1.2	1.2	1.0	1.3	1.225
Cepa No. 25	1.0	0.8	0.8	0.9	0.875

CUADRO 5 RENDIMIENTO DE NUMERO DE NODULOS POR UNIDAD
EXPERIMENTAL PARA LA VARIEDAD JUTIAPAN

Tratamiento	Repetición				Media (qrs)
	I	II	III	IV	
Cepa No. 3	30	105	69	89	73.25
Cepa No. 5	180	159	25	125	122.25
Cepa No. 6	139	99	80	60	94.50
Cepa No. 11	40	121	95	60	79.00
Cepa No. 12	159	62	95	81	99.25
Cepa No. 13	70	90	47	101	77.00
Cepa No. 16	72	132	189	81	118.50
Cepa No. 17	81	91	129	100	100.25
Cepa No. 20	71	95	111	89	91.50
Cepa No. 22	110	159	55	82	101.50
Cepa No. 23	113	92	60	140	101.25
Cepa No. 24	103	100	80	79	90.50
Cepa No. 25	80	60	111	90	85.25

CUADRO 6 RENDIMIENTO DE NUMERO DE NODULOS POR UNIDAD
EXPERIMENTAL PARA LA VARIEDAD QUETZAL

Tratamiento	Repetición				Media (qrs)
	I	II	III	IV	
Cepa No. 3	60	56	80	18	53.50
Cepa No. 5	103	89	5	189	96.50
Cepa No. 6	7	30	74	62	43.25
Cepa No. 11	72	49	6	18	36.25
Cepa No. 12	42	67	42	39	47.50
Cepa No. 13	45	61	25	89	55.00
Cepa No. 16	71	69	93	35	67.00
Cepa No. 17	100	88	40	8	59.00
Cepa No. 20	77	113	69	59	79.50
Cepa No. 22	113	11	60	40	56.00
Cepa No. 23	43	63	73	112	72.75
Cepa No. 24	111	120	88	85	101.00
Cepa No. 25	75	61	65	69	67.50

CUADRO 7 CONDICIONES DE TEMPERATURA DEL INVERNADERO DURANTE LOS PRIMEROS 30 DIAS DEL DESARROLLO DE LOS EXPERIMENTOS.

Día	Temp. en Grados C.	Día	Temp. en Grados C.
1	26.5	16	32.0
2	29.5	17	30.0
3	30.0	18	34.0
4	24.0	19	31.0
5	31.5	20	25.0
6	26.0	21	31.0
7	28.0	22	26.0
8	27.0	23	29.0
9	30.0	24	28.5
10	27.5	25	29.0
11	30.0	29	27.5
12	27.0	27	34.0
13	28.0	28	27.5
14	27.0	29	29.0
15	24.0	30	28.0

MEDIA = 28.2 grados Céntigrados

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Referencia
Asunto

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 DEPOSITO LEGAL
 IMPRESA NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Ing. Agr. César A. Castañeda S.
 DECANO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Biblioteca Central