

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC  
DEPOSITO LEGAL  
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

EVALUACION DE LA FIJACION DE NITROGENO PRODUCIDO POR  
CUATRO CEPAS DE Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, EN LAS  
VARIEDADES DE FRIJOL NEGRO QUINAK-CHE Y PARRAMOS.

T E S I S

Presentada a la honorable Junta Directiva  
de la  
Facultad de Agronomía  
de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala

por

JUAN CARLOS CONTRERAS MORALES

En el acto de su investidura como  
INGENIERO AGRONOMO  
En el grado académico de  
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Junio de 1988.

DL  
01  
T(1152)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. Roderico Segura Trujillo

JUNTA DIRECTIVA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Anibal B. Martínez
VOCAL 1a.	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez
VOCAL 2o.	Ing. Agr. Jorge Sandoval I.
VOCAL 3o.	Ing. Agr. Mario Melgar Morales
VOCAL 4o.	Br. Marco Antonio Hidalgo
VOCAL 5o.	P.A. Bayron Milian Vicente
SECRETARIO	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio.



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

25 de mayo de 1988

Ingeniero  
Anibal Martínez  
Decano Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos

Respetable Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que en esta fecha he finalizado la asesoría del trabajo de investigación que el estudiante Juan Carlos Contreras Morales con carnet No. 81-10063, presentará como tesis de grado para su graduación como Ingeniero Agrónomo, el trabajo se titula "EVALUACION DE LA FIJACION DE NITROGENO PRODUCIDO POR CUATRO CEPAS DE Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, EN LAS VARIEDADES DE FRIJOL NEGRO QUINAK-CHE Y PARRAMOS".

Debo manifestarle que la investigación en cuestión constituye un valioso aporte de la Facultad de Agronomía de la USAC en el campo de la Rhizobiología aplicada.

Y considero que la misma llena la calidad técnica y científica que la Facultad exige, por lo anterior estimo que el estudiante Contreras Morales ha cumplido con la obligación adquirida y sugiero que el trabajo sea aprobado.

Deferentemente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

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

/eqded.

Guatemala,  
25 de Mayo de 1988.

Señores  
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
Facultad de Agronomía.

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

"EVALUACION DE LA FIJACION DE NITROGENO PRODUCIDO POR CUATRO CEPAS DE Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, EN LAS VARIEDADES DE FRIJOL NEGRO QUINAK-CHE Y PARRAMOS."

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

En espera de su aprobación, respetuosamente,

  
\_\_\_\_\_  
Juan Carlos Contreras M.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PAPAS

CARLOS HUMBERTO CONTRERAS  
MARTA MORALES DE CONTRERAS  
por todo su amor, esfuerzo  
y ser la guía durante toda  
mi vida.

A MIS HERMANOS

OLGA LEONORA Y RONY;  
DORA ISABEL Y MARIO;  
MARTA REGINA; MIRNA LUCRECIA;  
CARLITOS.

A MI ABUELITA

ESTEFANA CONTRERAS

A MIS SOBRINOS

Con cariño.

A MI NOVIA

ANA BEATRIZ PACHECO TURCIOS

A MIS PRIMOS

GUILLERMO ANTONIO DE LEON Y  
EDNA GABRIELA de DE LEON.

A MI PADRINO

FRANCISCO FERNANDO DE LEON.

A LA FAMILIA

PACHECO TURCIOS.

A MIS TIOS Y PRIMOS

DEDICO ESTA TESIS

A: MI PATRIA GUATEMALA

A: LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA

A: LA FACULTAD DE AGRONOMIA

AL: Ing. Agr. ROLANDO AGUILERA M.

## AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Ing. Agr. Rolando Gustavo Aguilera Mejía, por la asesoría recibida, ayuda y consejos dados.

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), por haber auspiciado la realización de esta investigación.

Al Ing. Agr. Juan José Soto, del Programa de Frijol-ICTA-Chimaltenango, por la colaboración prestada en la realización del experimento.

Al personal de la Estación experimental de ICTA (Programa de Frijol) en Chimaltenango, por la ayuda recibida durante la etapa de campo.

A la Ing. Agr. Ana Beatriz Pacheco Turcios por toda la ayuda y apoyo recibido a lo largo de toda la investigación.

- INDICE -

	Resumen	i
I.	Introducción	1
II.	Justificación	2
III.	Hipótesis	3
IV.	Objetivos	3
V.	Revisión de Literatura	4
VI.	Metodología	
	VI.1. Localización del ensayo	11
	VI.2. Condiciones climáticas	11
	VI.3. Condiciones edáficas	11
	VI.4. Materiales necesarios	
	VI.4.1. Variedades de frijol	11
	VI.4.2. Inoculantes	12
	VI.5. Diseño experimental	
	VI.5.1. Factores evaluados	13
	VI.5.2. Tratamientos	13
	VI.5.3. Características del experimento	14
	VI.5.4. Modelo estadístico	14
	VI.5.5. Datos obtenidos y método de muestreo	
	a. peso, número y volumen de nódulos por planta	15
	b. materia seca	15
	c. rendimiento de grano seco en kg	15
	d. análisis de % de nitrógeno total	15
	VI.6. Manejo del experimento	17
	VI.7. Análisis de datos	18
VII.	Análisis y Discusión de Resultados	19
VIII.	Conclusiones	27
IX.	Recomendaciones	28
X.	Bibliografía	29
	Anexos	

EVALUACION DE LA FIJACION DE NITROGENO PRODUCIDO POR CUATRO CEPAS DE Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, EN LAS VARIETADES DE FRIJOL NEGRO QUINAK-CHE Y PARRAMOS.

EVALUATION OF NITROGEN FIXATION PRODUCED BY FOUR CEPES OF Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, ON THE QUINAK-CHE & PARRAMOS VARIETIES OF BLACK BEANS.

- R E S U M E N -

Esta investigación se realizó en la estación experimental de ICTA, en Chimaltenango, en donde se evaluaron cuatro cepas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, en las dos variedades de frijol negro, Quinak-ché y Parramos.

El experimento se situó en un diseño de bloques al azar con arreglo factorial  $8 * 2$ , con 16 tratamientos y cuatro repeticiones. Las cepas de Rhizobium y niveles de nitrógeno utilizados fueron: CIAT 390, CIAT 407, CIAT 625 y CIAT 632, 0, 25, 50 y 75 kg de N/ha. Se evaluaron 6 variables respuesta:

- número, peso y volumen de nódulos por planta,
- materia seca de planta, secadas al horno por 72 horas,
- porcentaje de nitrógeno total del follaje, obtenido por el método de Micro-kjeldahl,
- rendimiento de grano en la cosecha, al 14% de humedad.

El experimento tuvo una duración de 115 días, desde la siembra hasta la cosecha, realizándose todas las prácticas culturales respectivas (fertilización combinada de P-K; control de malezas, plagas y enfermedades); la distancia de siembra fue de 0.4 m entre camellones y 0.1 m entre plantas.

A los datos obtenidos se les efectuó un Análisis de Varianza y las comparaciones de medias de tratamientos, se hicieron con la prueba de TUKEY, para las variables respuesta en donde se presentó significancia. Además se realizó un Análisis Económico de Tasa Marginal de Retorno para comprobar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos utilizados.

Los resultados obtenidos mostraron que el nivel bajo de nitrógeno (25 kg/ha), estimula el desarrollo nodular de la Cepa Nativa, manifestándose en un mejor rendimiento de grano, y que el nivel alto de nitrógeno (75 kg/ha) inhíbe el desarrollo del nódulo en la raíz. El rendimiento obtenido con la Cepa CIAT 632 presenta una respuesta similar a la que provoca el nivel más alto de fertilización nitrogenada en las dos variedades de frijol. Económicamente la Variedad Quinak-ché, es más rentable en la producción de grano al aplicar 25 kg de N/ha y la variedad Parramos es más rentable al usar únicamente la Cepa CIAT 632.

## I. I N T R O D U C C I O N

Muchos agricultores suministran nitrógeno a las plantas de frijol, elevando así los costos de producción. En la naturaleza la asociación simbiótica Rhizobium-Leguminosa, provee en algunos casos a las últimas, de la cantidad necesaria de este elemento. Partiendo de esta base es importante estudiar el proceso y buscar para aquellas plantas que no cubren sus necesidades, la forma de que lo hagan.

Una de las formas es buscando cepas eficientes que se a coplen a las variedades de frijol sembradas y de aquí la importancia de este ensayo en donde se evaluaron cuatro cepas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, inoculadas en dos variedades de frijol (Quinak-Ché y Parramos) que el programa de frijol de ICTA ya ha promocionado comercialmente a los agricultores.

Antes de la etapa de campo se diseñó un ensayo de invernadero, el que nos permitió establecer algunos criterios para la selección de los tratamientos en el campo, buscando de esta manera corroborar la información que bajo un ambiente controlado podría darse. Los resultados de este trabajo, iniciado en Junio de 1987, son tema de otro artículo técnico-elaborado dentro de la serie de sub-proyectos que se contemplan dentro de un proyecto colaborativo entre la Facultad de Agronomía, USAC., el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola y el Centro Internacional de Agricultura Tropical; instituciones que de diferente manera aportaron el esfuerzo de su personal técnico especializado así como el recurso económico suficiente para el desarrollo de la investigación.

## II. Justificación.

Atendiendo a la situación nacional actual, en donde cada día es más difícil y costosa la adquisición de insumos para la producción agrícola, especialmente los fertilizantes nitrogenados, se hace necesario investigar las formas sustitutivas de éste.

El uso de cepas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, inoculadas a plantaciones de frijol (Phaseolus vulgaris) se presenta como opción de tratamiento, que a su vez reduce los costos de producción y por ende, hace más rentable la producción de este cultivo.

Esto es mucho más importante si se toma en cuenta que en Guatemala, el frijol constituye uno de los cultivos básicos y por ser una fuente de proteínas indispensable y por formar parte de la dieta alimenticia diaria de la mayor parte de los habitantes del país.

### III. Hipótesis.

- Las cuatro cepas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, son igualmente fijadoras de nitrógeno atmosférico en las variedades de frijol Quinak-ché y Parramos.
- Los tratamientos con inoculantes responden en igual forma a los tratamientos con aplicación de fertilizante nitrogenado, respecto al rendimiento.

### IV. Objetivos.

- Evaluar el comportamiento de cuatro cepas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, en las variedades de frijol (Phaseolus vulgaris), Quinak-ché y Parramos.
- Comparar el rendimiento de los tratamientos inoculados con tra los tratamientos de fertilización nitrogenada.

## V. Revisión de Literatura.

### - Fijación Biológica de Nitrógeno Atmosférico.

El nitrógeno que constituye casi el 80% de la atmósfera terrestre, aunque es inerte y no puede ser utilizado por la vasta mayoría de los organismos vivos, puede participar en los sistemas biológicos cuando se ha combinado con elementos como el hidrógeno y el oxígeno, capacidad que la naturaleza reserva únicamente a unos cuantos géneros de bacterias. En la actualidad esta fijación puede realizarse a través de la fabricación de amoníaco y de otros fertilizantes químicos, producidos industrialmente. (2)

Ningún organismo superior ha desarrollado la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, aunque algunos lo logran in directamente formando asociaciones simbióticas con bacterias que fijan nitrógeno. El mejor ejemplo conocido de estas re laciones es el de las plantas llamadas leguminosas con va- rias bacterias del género Rhizobium. Otras bacterias fija- doras de nitrógeno se asocian con otro tipo de plantas, aun que algunas pueden vivir en forma libre, en el suelo o en el agua. (2)

Las bacterias del género Rhizobium infectan las raíces de las leguminosas y producen tumefacciones parecidas a tu- mores que se denominan nódulos, los cuales están llenos de miles de bacterias que fijan el nitrógeno molecular. La -- planta leguminosa proporciona la energía necesaria para que se produzca la fijación del nitrógeno molecular, capturando la energía de la luz solar por fotosíntesis. (4)

En la fijación simbiótica de nitrógeno entre Rhizobium y leguminosa, ninguno de los dos organismos es capaz de fi- jar nitrógeno por si solo. (5)

Todos los organismos fijadores de nitrógeno aparentemen- te comparten un mecanismo común para la fijación y, lo mis- mo que en el proceso industrial, el producto final es el a- moníaco. (2)

- Importancia de las Leguminosas y la Asociación con Rhyzobium.

Las formas asimilables del nitrógeno para la planta son la nitríca y la amoniacal. Estas representan sin embargo, solo una pequeña fracción del nitrógeno de la naturaleza y serían insuficientes para satisfacer las necesidades de la vegetación-- que cubre la corteza terrestre. (7)

Como es sabido, ninguna planta es capaz de fijar biologicamente el nitrógeno molecular por si misma, por lo que la naturaleza ha dotado a varios microorganismos primitivos de la capacidad de fijar biologicamente el nitrógeno molecular. Al asociarse simbióticamente con estos microorganismos, algunas plantas son capaces de utilizar indirectamente el nitrógeno molecular atmosférico para ayudar a su crecimiento. (4)

La asociación simbiótica más importante conocida, es la asociación del género Rhyzobium con leguminosas. En América Latina y Africa, el frijol común y los guisantes forrajeros son importantes fuentes de proteína en la dieta humana. Desde el punto de vista de las cantidades consumidas, las leguminosas ocupan el segundo lugar, después de los cereales. (4)

Las leguminosas se vienen empleando en la agricultura desde hace centenares de años, pero a comienzos del presente siglo se ha descubierto que a través de su asociación con Rhyzobium podrían utilizar indirectamente el nitrógeno atmosférico. Desde entonces se han realizado considerables adelantos en cuanto a la comprensión de los factores genéticos de las plantas y de las bacterias que controlan la simbiosis, la bioquímica de las enzimas involucradas y las condiciones nutricionales y ambientales que influyen en el funcionamiento del sistema. (4)

- Fisiología de la Fijación del Nitrógeno Atmosférico por el Rhizobium.

El principal producto de la fijación de  $N_2$  es el amonio ( $NH_3$ ) el cual es asimilado tan rápido como es formado. (9)

La molécula de nitrógeno es un gas inerte y muy estable poco reactivo, debido al triple enlace que posee. (1)

Los sistemas biológicos que fijan  $N_2$  utilizan una enzima llamada NITROGENASA que vuelve reactiva a la molécula de nitrógeno en condiciones del ambiente. (9)

Los sustratos necesarios para la reacción de la nitrogenasa y formación de  $NH_3$  son: 6 electrones generados, 6 moléculas

de  $H(N_2 \rightarrow 6e - 6H - NH_3)$ . Aunque para realizar la reacción se necesita energía y ésta es proveída a través de ATP, formado de carbohidratos como por ejemplo: la glucosa, que es generada por la planta leguminosa y cedida a la bacteria. (9)

En presencia de  $O_2$  las proteínas de la nitrogenasa son destruidas de tal forma que la bacteria (convertida en bacteroide dentro del nódulo) posee una sustancia denominada LAEG-MOGLOVIN. Esta sustancia funciona como un oxidorreductor y sirve de trampa a las moléculas de  $O_2$  para que no interfieran con la actividad de la nitrogenasa. (9)

- Selectividad y especificidad en la simbiosis Rhizobium-Leguminosa.

El conocimiento de los beneficios de la fijación biológica de nitrógeno dado por la asociación de Rhizobium-Leguminosa ha aumentado en los últimos años. (10)

La aportación de la simbiosis Rhizobium-Leguminosa es bioquímica y genética por parte de la planta y ésta desempeña un papel de primera importancia y la eficiencia del proceso se encuentra también influenciada por los factores ecológicos. (3)

Se puede encontrar un efecto de resistencia a nodular por parte de las plantas. Algunos investigadores han denotado una resistencia genética de las plantas a no nodular y esta 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 afecten la nodulación en diferentes cultivares y en diferentes direcciones. (6)

Aunque no exista duda en que es la bacteria del género Rhizobium la que fija el nitrógeno a través de la utilización de la enzima nitrogenasa, la planta controla la actividad de fijación a través de no menos de 10 genes que tienen funciones de controlar el tiempo hasta la nodulación, la selección de ciertas cepas de bacterias en la Rhizosfera y los niveles de fijación que alcanza la simbiosis. (8)

No es posible generalizar la capacidad fijadora de una bacteria con una leguminosa en particular con respecto a otra leguminosa: el no considerar este aspecto ha hecho que en algunos casos se mencionen que no hay éxito en la inoculación. Por lo cual debe tomarse en cuenta la selectividad y especificidad entre Rhizobium y la planta. (10)

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 nodulada, sino también el género, especie o variedad de leguminosa puede seleccionar el tipo de *Rhizobium* que la puede infectar. (8)

Los rhizobiólogos han estudiado que existe cierta capacidad en cada especie de *Rhizobium* clasificado de nodular a uno o varios géneros de leguminosa (no debe entenderse la capacidad de nodulación como sinónimo de la capacidad de fijación de  $N_2$  en forma efectiva) dentro de esta última situación puede explicarse la definición de 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. (8)

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 o ambiental que afecte a una de las partes, afecta la eficiencia global de la simbiosis. (4)

En el proceso de colonización de la rizósfera por el *Rhizobium*, éstos 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 las proteínas y licoproteínas denominadas lecitinas, que tienen la capacidad de unirse a ciertos azúcares en forma muy específica en cada organismo, este fenómeno favorece a que exista selección de la planta al *Rhizobium* y selección del *Rhizobium* a la planta, ya que un tipo de lecitina generada por una planta (se supone que la lecitina tiene enlaces bivalentes) se uniría en uno de sus enlaces al azúcar de la planta y en otro a un azúcar de la bacteria que fuese común a éste. (1)

Debe explicarse que esta teoría no es la única y también que la adsorción no es un fenómeno no fundamental para las leguminosas tropicales que contribuye a la selectividad de la infección. (1)

Es bien conocido que las leguminosas presentan un considerable grado de especificidad con respecto a las especies de Rhizobium antes de que se inicie la fijación de nitrógeno. Esta especificidad puede ser manifiesta en varias etapas durante el proceso de infección y formación de nódulos y en el establecimiento de la fijación de nitrógeno. (10)

Se sabe que la infectividad de una cepa de Rhizobium no implica que la fijación sea eficiente, porque la cepa necesita multiplicarse dentro del nódulo e inducir así la formación de laeg-hemoglobina y de la enzima nitrogenasa, para que entonces se inicie la fijación de nitrógeno. (10)

Sería deseable que una estirpe de Rhizobium utilizada como inóculo formase una simbiosis eficiente con la mayoría de los cultivos de especies hospederas para la cual es indicado. Pero frecuentemente, las cepas usadas en los inoculantes no presentan esta característica. (10)

Se ha constatado que la capacidad de la cepa en colonizar la superficie de la raíz es una característica intrínseca de la cepa, en cuanto que la nodulación de la planta y la fijación de  $N_2$  son reguladas simultáneamente por los micro y macro simbiotes. Por tanto, la capacidad que una cepa de Rhizobium tiene en provocar la fijación y formación de nódulos y fijar el  $N_2$  en una leguminosa, es extremadamente dependiente de la asociación Rhizobium-Leguminosa. (10)

#### - Factores limitantes en la fijación biológica de $N_2$ .

La respuesta de la simbiosis al medio ambiente es primordialmente dependiente de la constitución genética y fisiológica de la planta hospedera. Evidencias confirman que los resultados pueden ser modificados y grandes variaciones pueden ser obtenidas de acuerdo con la cepa usada. Estos trabajos sugirieron que algunos de los mejoramientos de las plantas, serían posible seleccionando cepas de Rhizobium que en ciertas condiciones ambientales pudieran proporcionar mejores producciones para el establecimiento de asociaciones simbióticas más eficientes. (12)

Todos los aspectos del medio físico en el cual la leguminosa crece, afectan la fijación de nitrógeno simbioticamente, ya sea directamente o a través de efectos sobre la formación y desenvolvimiento de nódulos. Las interacciones entre los factores físicos son muy comunes. (12)

\* Temperatura.

Aquella temperatura más apropiada para la leguminosa hospedera es la mejor para promover la formación de los nódulos. (10)

VIDOR (12), afirma que el efecto de la temperatura sobre el sistema simbiótico se manifiesta, practicamente, en todos los estados de la formación y funcionamiento de nódulos y que de una manera general, el efecto de la temperatura es más estricta para la simbiosis que para el crecimiento de la leguminosa, cuando ésta es suplida con nitrógeno - combinado (no proveniente de la fijación). Sabiendo que la temperatura de la parte aérea puede afectar la simbiosis, evidencias experimentales indican que las temperaturas verificadas en la zona radicular son más importantes. De acuerdo con diversos relatos experimentales, el estadio más afectado por la temperatura es la iniciación del nódulo. Solamente en extremos de temperaturas bajas y elevadas, la infección inicial es impedida, y en estadios más avanzados, como el crecimiento del cordón infeccioso, son los más afectados influyendo marcadamente en el número de nódulos formados. El autor relata que el efecto de temperaturas elevadas dan como resultado una menor actividad fijadora, ocasionan una acelerada senescencia de nódulos, con un consecuente acortamiento del período de fijación de nitrógeno por los mismos. (12)

El límite inferior de temperatura para una simbiosis es dependiente de la planta hospedera y este límite puede variar de acuerdo a la cepa de rhizobium usada. La nodulación en leguminosas de clima templado puede ocurrir a temperaturas de 7-10°C, y en las leguminosas de clima tropical ocurre abajo de los 20°C (15-18°C). La estructura del nódulo es modificada en temperaturas bajas, apareciendo progresivamente menos tejido bacteroidal. (12)

El efecto de las altas temperaturas sobre la nodulación de las leguminosas, es particularmente importante cuando en la plantación se desea infectar con cepas inoculadas. En esta situación, se dan las condiciones de temperatura del suelo durante el momento de la siembra y períodos subsecuentes, antes de que ocurra la infección e iniciación de los nódulos, si son adversas, podrá ocurrir una pérdida de rhizobium inoculado y nodulación posterior con cepas nativas. (10)

\* pH del Suelo.

El pH del suelo constituye uno de los principales factores limitantes en la fijación de nitrógeno por las leguminosas, debido al retardamiento o suspensión de la formación de nódulos. Sus efectos pueden ser directos, a través de la influencia sobre la sobrevivencia de la bacteria, o indirectamente por la mayor o disponibilidad de nutrientes, en presencia de elementos tóxicos. La acidez del suelo, va normalmente asociada con la toxicidad del aluminio y manganeso, bajo disponibilidad de nutrientes como calcio, magnesio y molibdeno, esencialmente para la simbiosis. (12)

El pH crítico abajo del cual no ocurre nodulación, varía de 3.5 a 5.3; normalmente las leguminosas templadas tienen un pH crítico superior en relación a las tropicales. Poco es sabido sobre el efecto del pH alto en la nodulación, generalmente un valor de pH de 8.5 a 9.0 es considerado como límite superior. (12)

De manera general se puede afirmar que los efectos de la acidez del suelo sobre la fijación simbiótica de las leguminosas son extremadamente complejos y se manifiestan esencialmente a través de la influencia sobre la propia bacteria o sobre la planta. (12)

## VI. Metodología.

### VI.1. Localización del Ensayo.

El estudio se realizó en terrenos de la estación experimental de ICTA en Chimaltenango, ubicada a 3.5 km de la cabecera departamental de Chimaltenango. Sus coordenadas geográficas son de 14° 39' 20" Latitud Norte y 90° 49' 20" Longitud Oeste.

### VI.2. Condiciones Climáticas.

El área ecológica en donde se realizó el estudio corresponde a la zona de vida de bosque húmedo montano bajo. Esta presenta un clima templado. Tiene una altura de 1800 m snm. Su temperatura media es de 18°C y la precipitación media de 1500 mm.

### VI.3. Condiciones Edáficas.

Según SIMMONS (11), los suelos de esta zona pertenecen al tipo TECPAN-1, que se caracteriza por tener un buen drenaje, con textura de franco-arenosa a franco-arcillosa, con un espesor de suelo de 0.3 a 0.5 m y un subsuelo de 0.5-1.0 m; relieve casi plano a ondulado y estructura, en su mayoría, granular.

El color del suelo es café oscuro y el subsuelo es café-amarillento, con fertilidad natural regular.

### VI.4. Materiales Necesarios.

#### VI.4.1. Variedades de Frijol.

Las semillas de frijol negro, variedades Quinak-ché y Parramos, fueron proporcionadas por ICTA las cuales son recomendadas comercialmente por el Programa de Frijol de esta institución, debido a su alto rendimiento y por ser tolerantes a las enfermedades más comunes como lo son la ASCOQUITA, ROYA y ANTRACNOSIS. Estas variedades de frijol, tienen un hábito de crecimiento arbustivo, se adaptan a alturas hasta de 1900 y 2300 m snm, con un tiempo a cosecha de 120 y 115 días, después de la siembra para Parramos y Quinak-ché, respectivamente.

#### VI.4.2. Inoculantes.

Las cepas fueron proporcionadas por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Cali, Colombia; las cuales pertenecen a las CEPAS IBIT (International Bean Inoculation Trial).

CIAT 390: Aislada como Z-723 en Popayán, Colombia, en 1975. Probada por su infectividad en 1979, siendo altamente efectiva. Incluidas en las IBIT en 1980.

CIAT 407: Aislada en los ensayos de campo del CIAT, en Cali, Colombia en 1974; probada por su infectividad en 1979, siendo altamente efectiva. Incluida en las IBIT en 1980.

CIAT 625: Aislada por Rolando Aguilera, en Guatemala e identificada como Cepa 22 en 1974. Se probó repetidamente por su respuesta simbiótica entre los años 1974-79, siendo altamente efectiva en la mayoría de los ensayos. Se incluyó en los ensayos IBIT en 1979.

CIAT 632: Aislada por Rolando Aguilera en Guatemala e identificada como Cepa 21 en 1974. Se probó repetidamente por su respuesta simbiótica entre los años 1974-79, siendo altamente efectiva. Se incluyó en los ensayos IBIT en 1979.

#### VI.5. Diseño Experimental.

El experimento abarcó 16 tratamientos los cuales se situaron en un diseño de Bloques al Azar con arreglo factorial 2\*8 y cuatro repeticiones.

VI.5.1. Factores Evaluados.

\* Cepas de Rhizobium y Niveles de Nitrógeno.

- Cepa CIAT 407 -----	1	
- Cepa CIAT 390 -----	2	
- Cepa CIAT 625 -----	3	
- Cepa CIAT 632 -----	4	
- 0 kg de N/ha -----	5	(Cepa Nativa)
- 25 kg de N/ha -----	6	
- 50 kg de N/ha -----	7	
- 75 kg de N/ha -----	8	

\* Variedades de Frijol

- Quinak-ché -----	A
- Parramos -----	B

VI.5.2. Tratamientos.

1	A --- 1A ---	Cepa CIAT 407 en Var. Quinak-ché.
	B --- 1B ---	Cepa CIAT 407 en Var. Parramos.
2	A --- 2A ---	Cepa CIAT 390 en Var. Quinak-ché.
	B --- 2B ---	Cepa CIAT 390 en Var. Parramos.
3	A --- 3A ---	Cepa CIAT 625 en Var. Quinak-ché.
	B --- 3B ---	Cepa CIAT 625 en Var. Parramos.
4	A --- 4A ---	Cepa CIAT 632 en Var. Quinak-ché.
	B --- 4B ---	Cepa CIAT 632 en Var. Parramos.
5	A --- 5A ---	0 kg de N/ha en Var. Quinak-ché.
	B --- 5B ---	0 kg de N/ha en Var. Parramos.
6	A --- 6A ---	25 kg de N/ha en Var. Quinak-ché.
	B --- 6B ---	25 kg de N/ha en Var. Parramos.
7	A --- 7A ---	50 kg de N/ha en Var. Quinak-ché.
	B --- 7B ---	50 kg de N/ha en Var. Parramos.
8	A --- 8A ---	75 kg de N/ha en Var. Quinak-ché.
	B --- 8B ---	75 kg de N/ha en Var. Parramos.

VI.5.3. Características del Experimento.

- Distancia entre surcos: 0.4 m
- Distancia entre plantas: 0.1 m
- Surcos por parcela bruta: 5
- Surcos por parcela neta: 3
- Surcos por repetición: 80
- Parcela bruta: 13 m<sup>2</sup>
- Parcela neta: 4.8 m<sup>2</sup>
- Repetición: 208 m<sup>2</sup>
- Plantas por surco de parcela neta: 40
- Plantas por surco de parcela bruta: 65
- Plantas por repetición: 5200
- Area total (sin calles): 512 m<sup>2</sup>
- Area total (con calles): 672 m<sup>2</sup>

VI.5.4. Modelo Estadístico.

$$Y_{jkl} = u + B_j + A_k + B_{kl} + AB_{kl} + E_{jkl}$$

Y

$y_{jkl}$  = Variable respuesta asociada a la  $y_{jkl}$ -ésima unidad experimental.

u = Efecto de la media general.

B

j = Efecto del j-ésimo bloque.

A

k = Efecto del k-ésimo factor A.

B

l = Efecto del l-ésimo nivel del Factor B.

AB

kl = Interacción del k-ésimo nivel del Factor A con el l-ésimo nivel del factor B.

E

$y_{jkl}$  = Error experimental asociado al  $y_{jkl}$ -ésimo nivel de la Unidad Experimental.

VI.5.5. Datos obtenidos y método de muestreo.

a. Peso, número y volumen de nódulos/planta.

De cada unidad experimental se cosecharon 10 plantas con todo el sistema radicular, que correspondían a la cabecera de los tres surcos centrales. A estas plantas se les separó la raíz, quitando los nódulos presentes, cuantificándolos, pesándolos en balanza analítica y obteniendo su volumen por medio de una probeta de 25 ml.

b. Materia Seca.

De las 10 plantas cosechadas en cabecera, la parte aérea se secó al horno a 60 °C por 72 horas y posteriormente se obtuvo el peso seco en la balanza analítica.

c. Rendimiento de grano seco en kg.

Se obtuvo del resto de la población de cada unidad experimental de los tres surcos centrales, descontando 2.0 m de la cabecera y 0.5 m del final. El rendimiento se evaluó al 14% de humedad.

d. Análisis de % de Nitrógeno total.

Para esta variable se utilizó el método de Micro-kjeldahl, que consiste en:

- Digestión.

- \* Se tomó 0.1 gr de materia seca, previamente molido en cedazo de calibre 20 mesh, colocándola en un balón de 30 ml.
- \* Se le agregó 1.1 gr de muestra digestora (1.0 gr mezcla de sulfatos - 0.1 gr de óxido de mercurio), - 5 ml de ácido sulfúrico y 5 perlas de vidrio.
- \* El balón se colocó en el digestor, previamente encendido a rango 5 y se dejó procesar por 2 horas, hasta que la muestra se tornó cristalina.

- Destilación.

- \* Después de digerida la muestra, se colocó en un balón de destilación agregándole 30 ml de agua destilada y 10 ml de hidróxido de sodio.
- \* Iniciado el proceso de destilación, se recibió el destilado en 15 ml de ácido bórico, 5 gotas de verde de bromocresol y 5 gotas de rojo de metilo.
- \* El tiempo de destilación fue de 10 a 15 minutos, obteniendo alrededor de 50 ml de amoníaco que desprendió la muestra digerida.

- Titulación.

- \* Recogido el destilado se tituló con ácido clorhídrico al 0.1069 N.
- \* Se tomaron las lecturas en la bureta.

- Cálculos.

Para calcular el % de Nitrógeno Total, se utiliza la fórmula siguiente, con un factor de 1.497

$$\% N = \frac{V - B * FACTOR * 100}{Peso de muestra (mg)}$$

V = ml de HCl gastados en la muestra.

B = ml de HCl gastados en el testigo.

## VI.6. Manejo del Experimento.

### a. Preparación del terreno.

En el mes de Junio de 1987, se sembró trigo al voleo en el área en donde se desarrolló el experimento - con el objeto de extraer la mayor cantidad de nitrógeno posible, que se encontraba en el suelo. El trigo - se cortó en el mes de Agosto del mismo año, luego se aró y rastreó el terreno, preparándolo así para hacer - camellones elaborados manualmente.

### b. Fertilización.

Se realizó una sola aplicación al momento de la siembra, utilizándose FOSFORO en forma de triple-superfosfato, en dosis de 80 kg/ha; POTASIO en forma de cloruro de potasio, en dosis de 80 kg/ha y NITROGENO en forma de urea, en dosis ya establecidas a los respectivos tratamientos (25, 50 y 75 kg/ha).

### c. Siembra.

La semilla de frijol que se utilizó en los tratamientos se inoculó con las cepas de Rhizobium y luego se peletizaron con  $\text{CaCO}_3$ , utilizándose como pegante Goma Arábiga.

Después de este tratamiento, la semilla se colocó sobre los camellones a distancias de 0.4 m entre cada camellón y 0.05 m entre plantas. La técnica de siembra fue la misma para la semilla sin inóculo.

### d. Raleo.

Se efectuó a los 10 días después de la germinación dejando un distanciamiento de 0.10 m entre plantas.

### e. Control de Malezas.

Se efectuó una sola limpia en forma manual (azadón) realizada a los 30 días después de la siembra.

f. Control de Plagas y Enfermedades.

Hubo presencia de tortuguilla (Diabrotica sp.), por lo que fue necesario hacer cuatro aplicaciones de Tamarón en dosis de 25 cc/aspersora de 4 galones, a los 13, 22, 30 y 40 días después de la siembra, respectivamente.

Al momento de la siembra se hizo una aplicación de phoxim (volatón) en dosis de 30 kg/ha, en forma preventiva.

VI.7. Análisis de Datos.

Los datos se analizaron estadísticamente a través del Análisis de Varianza (ANDEVA), y sus respectivas comparaciones de medias por la prueba de TUKEY, para las variables respuesta en donde se presentó significancia.

Además se realizó un análisis económico de Tasa Marginal de Retorno, para comprobar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos utilizados.

VII. Análisis y Discusión de Resultados.

Con el fin de evaluar el efecto de aplicar bacterias del género Rhizobium como sustituto de la fertilización nitrogenada en las variedades de frijol Quinak-ché y Parramos, se analizaron estadísticamente los datos de las variables: número, volumen y peso de nódulos; peso seco de plantas; porcentaje de nitrógeno total del follaje y rendimiento de grano. A cada variable se le efectuó un Análisis de Varianza y los resultados obtenidos, que se presentan en el Cuadro No.1, mostraron que entre las variedades de frijol no hubo significancia en ninguna variable, pero todo lo contrario ocurrió entre las Cepas y los Niveles de Nitrógeno aplicados, en los que si hubo diferencias altamente significativas.

En relación a la interacción Cepas y Niveles de Nitrógeno por Variedades de Frijol, las únicas diferencias estadísticas se mostraron a un nivel de significancia del 5% en el peso de nódulos y rendimiento de grano, aunque debe plantearse que ambas variables son de considerable importancia en la evaluación de la fijación de nitrógeno.

CUADRO No.1

PRESENTACION SINTETICA DEL RESULTADO DE LOS ANALISIS DE VARIANZA EFECTUADOS A CADA UNA DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS EN LAS VARIEDADES QUINAK-CHE Y PARRAMOS. CHIMALTENANGO, 1987.

		FUENTE DE VARIACION	
VARIABLES	VARIEDADES	Cepas de Rhizobium y Niveles de Nitrógeno.	Cepas de Rhizobium y Niveles de Nitrógeno por Variedades.
Número de nódulos	N.S.	* *	N.S.
Volumen de nódulos	N.S.	* *	N.S.
Peso de nódulos	N.S.	* *	*
Materia Seca planta	N.S.	* *	N.S.
% de N <sub>2</sub> total	N.S.	* *	N.S.
Rendimiento grano	N.S.	* *	*

N.S. No significativo .  
 \* Significativo al 0.05 (5%)  
 \* \* Significativo al 0.01 (1%)

Los cuadros No. 2 y 3, muestran los valores de medias comparadas a través del valor calculado para TUKEY en todos aquellos análisis que mostraron diferencia estadística.

El efecto de tratamiento sobre número, peso y volumen de nódulos se observa en los cuadros 2A, 2B y 2C en donde el nivel alto de nitrógeno (75 kg/ha) inhibe fuertemente el desarrollo nodular, todo lo contrario sucede con el nivel bajo de nitrógeno (25 kg/ha) que parece estimular el desarrollo nodular de la Cepa Nativa del suelo en donde se sembró el ensayo. En relación al comportamiento de las cepas inoculadas en comparación con la Cepa Nativa (0 kg de N/ha) no se manifiesta una marcada diferencia estadística, pero cabe resaltar la respuesta de la Cepa CIAT 632 en la que el número de nódulos si presenta diferencia significativa al compararla con este tratamiento y como veremos más adelante, se refleja en un mayor rendimiento de tejido vegetal, contenido de nitrógeno y grano en la planta.

El efecto de tratamiento sobre el rendimiento de tejido vegetal, grano y contenido de nitrógeno en la planta, se puede observar en los Cuadros 2D, 2E y 2F, en donde no existen diferencias entre las Cepa CIAT 632, la alta fertilización nitrogenada (75 kg/ha) y la dosis baja de nitrógeno (25 kg/ha) estos tratamientos son los mejores. Para el caso del nivel alto de nitrógeno, el número, peso y volumen de nódulos se ve disminuido, contrariamente a lo que ocurre con la Cepa CIAT 632, que genera su propio nitrógeno, lo transfiere a la planta y provoca un rendimiento vegetativo y de grano equivalente al de aplicar fertilización nitrogenada.

Los rendimientos más bajos corresponden a los tratamientos con 0 kg de N/ha (CEPA NATIVA) y con la Cepa CIAT 625, que no tuvo una acción muy relevante a pesar de que no reflejó una diferencia significativa en su masa nodular y número de nódulos en la planta, aspecto que corrobora el hecho de que una cepa puede ser muy infectiva pero poco efectiva para fijar nitrógeno con una u otra variedad.

De acuerdo a los resultados de las características de la interacción Cepas de Rhizobium y Niveles de Nitrógeno por Variedad de frijol, que se presentan en el Cuadro No.3A, las diferencias basicamente se observan en el efecto del nivel de 75 kg de N/ha que como ya fue comentado, disminuye ostensiblemente el número de nódulos de la planta. Por otro lado el rendimiento de grano, que fue otra variable que manifestó diferencias en la interacción Cepas de Rhizobium y Niveles de Nitrógeno por Variedad de Frijol, puede observarse con más detalle que la Variedad Parramos funciona bien con la Cepa CIAT 632 y la Cepa CIAT 390, quienes compiten con los tratamientos nitrogenados, aunque la 632 supera a la 390 en 8.4%.

Para el caso de la variedad Quinak-ché, los inoculantes CIAT 632 y la Cepa Nativa (0 kg de N/ha), compiten con los tratamientos nitrogenados.

CUADRO No. 2

RESULTADOS DE LAS COMPARACIONES DE MEDIAS (PRUEBA DE TUKEY) PARA EL FACTOR  
CEPAS DE RHYZOBIUM Y NIVELES DE NITROGENO EN LAS DIFERENTES VARIABLES ESTUDIADAS.  
CHIMALTENANGO, 1987.

CUADRO No 2A

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE  
NUMERO DE NODULOS, EN 1.2 m<sup>2</sup> (10 plantas).

Cepas y Niveles de Nitrógeno.	MEDIA (#)
CEPA CIAT 632 -----	739.50
25 kg de N/ha -----	667.25
CEPA CIAT 625 -----	639.38
CEPA CIAT 390 -----	602.75
CEPA CIAT 407 -----	562.26
0 kg de N/ha -----	411.62
50 kg de N/ha -----	308.25
75 kg de N/ha -----	133.00

CUADRO No 2B

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE  
VOLUMEN DE NODULOS, EN 1.2 m<sup>2</sup> (10 plantas).

Cepas y Niveles de Nitrógeno.	MEDIA (ml)
CEPA CIAT 632 -----	12.450
CEPA CIAT 407 -----	12.387
25 kg de N/ha -----	12.375
CEPA CIAT 625 -----	12.125
CEPA CIAT 390 -----	11.375
50 kg de N/ha -----	10.850
0 kg de N/ha -----	9.549
75 kg de N/ha -----	2.063

CUADRO No 2C

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE  
PESO DE NODULOS, EN 1.2 m<sup>2</sup> (10 plantas).

Cepas y Niveles de Nitrógeno.	MEDIA (gr)
25 kg de N/ha -----	7.387
CEPA CIAT 632 -----	7.287
CEPA CIAT 407 -----	7.286
CEPA CIAT 625 -----	7.125
50 kg de N/ha -----	6.175
CEPA CIAT 390 -----	6.112
0 kg de N/ha -----	6.025
75 kg de N/ha -----	1.212

CUADRO No 2D

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE  
MATERIA SECA, EN 1.2 m<sup>2</sup> (10 plantas).

Cepas y Niveles de Nitrógeno.	MEDIA (gr)
25 kg de N/ha -----	38.375
50 kg de N/ha -----	37.225
75 kg de N/ha -----	35.588
CEPA CIAT 632 -----	32.463
CEPA CIAT 390 -----	29.338
CEPA CIAT 407 -----	28.150
CEPA CIAT 625 -----	27.870
0 kg de N/ha -----	25.150

CUADRO No 2E

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE  
RENDIMIENTO EN GRANO, EN kg/ha (COSECHA).

Cepas y Niveles de Nitrógeno.	MEDIA (kg)
75 kg de N/ha -----	1171.095
25 kg de N/ha -----	1131.255
CEPA CIAT 632 -----	1069.210
50 kg de N/ha -----	1045.696
CEPA CIAT 407 -----	959.198
CEPA CIAT 390 -----	928.540
0 kg de N/ha -----	928.413
CEPA CIAT 625 -----	926.957

CUADRO No 2F

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE  
% DE NITROGENO, EN 1.2 m<sup>2</sup> (10 plantas).

Cepas y Niveles de Nitrógeno.	MEDIA (%)
75 kg de N/ha -----	4.521
25 kg de N/ha -----	4.183
50 kg de N/ha -----	3.983
CEPA CIAT 632 -----	3.896
CEPA CIAT 407 -----	3.827
CEPA CIAT 390 -----	3.615
0 kg de N/ha -----	3.146
CEPA CIAT 625 -----	3.108

CUADRO No.3

RESULTADOS DE LAS COMPARACIONES DE MEDIAS (PRUEBA DE TUKEY) PARA  
LOS TRATAMIENTOS EN LAS DIFERENTES VARIABLES ESTUDIADAS.  
CHIMALTENANGO, 1987.

CUADRO No.3A

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE  
PESO DE NODULOS, EN g/1.2 m<sup>2</sup>(10 plantas)

TRATAMIENTOS	MEDIA
Var. Quinak-ché-25 kg de N/ha	9.33
Var. Parramos -Cepa CIAT 632	7.95
Var. Quinak-ché+Cepa CIAT 625	7.45
Var. Parramos -Cepa CIAT 407	7.30
Var. Quinak-ché-Cepa CIAT 407	7.28
Var. Parramos -Cepa CIAT 625	6.80
Var. Quinak-ché-Cepa CIAT 632	6.63
Var. Parramos - 0 kg de N/ha	6.63
Var. Quinak-ché-50 kg de N/ha	6.45
Var. Quinak-ché-Cepa CIAT 390	6.38
Var. Parramos -50 kg de N/ha	5.90
Var. Parramos -Cepa CIAT 390	5.85
Var. Parramos -25 kg de N/ha	5.45
Var. Quinak-ché- 0 kg de N/ha	5.43
Var. Quinak-ché-75 kg de N/ha	1.35
Var. Parramos -75 kg de N/ha	1.08

CUADRO No.3B

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE  
RENDIMIENTO EN GRANO, EN kg/ha (cosecha)

TRATAMIENTOS	MEDIA
Var. Quinak-ché-75 kg de N/ha	1243.73
Var. Quinak-ché-25 kg de N/ha	1209.85
Var. Parramos -Cepa CIAT 632	1104.23
Var. Parramos -75 kg de N/ha	1098.45
Var. Quinak-ché- 0 kg de N/ha	1060.85
Var. Parramos -50 kg de N/ha	1057.65
Var. Parramos -25 kg de N/ha	1052.66
Var. Quinak-ché-Cepa CIAT 632	1034.19
Var. Quinak-ché-50 kg de N/ha	1033.74
Var. Parramos -Cepa CIAT 390	991.76
Var. Parramos -Cepa CIAT 407	960.10
Var. Quinak-ché-Cepa CIAT 407	958.29
Var. Quinak-ché-Cepa CIAT 625	941.43
Var. Parramos -Cepa CIAT 625	912.48
Var. Quinak-ché-Cepa CIAT 390	865.32
Var. Parramos - 0 kg de N/ha	795.98

La importancia de la aplicación de inoculantes y nitrógeno en el ensayo, también está enfocada al aspecto económico, por lo que se realizó un análisis económico de Tasa Marginal de Retorno a los tratamientos evaluados, tomando en cuenta los Ingresos, Costos Variables y Beneficio que este ensayo proporcionó, como se puede observar en el Cuadro No.4 del Anexo en donde se presentan los Presupuestos Parciales para las Variedades Quinak-ché y Parramos, respectivamente. Los Análisis de Dominancia efectuados para cada variedad de Frijol, se presentan en los Cuadros No. 4 y 5, en los que las condiciones No Dominadas corresponden a los mejores tratamientos, mismas que se presentan en los Cuadros No. 6 y 7 mostrando claramente, para cada variable, la Tasa Marginal de Retorno, que puede obtenerse de la selección del tratamiento aplicado al cultivo.

CUADRO No.4

ANALISIS DE DOMINANCIA PARA CEPAS DE Rhizobium Y NIVELES DE NITROGENO EN LA VARIEDAD QUINAK-CHE CHIMALTENANGO, 1987.

BENEFICIO NETO (BN)	TRATAMIENTOS (T)	COSTOS VARIABLES (CV)	
1167.86	25 kg de N/ha	54.09	*
1129.89	75 kg de N/ha	126.28	-
1071.46	0 kg de N/ha	0.00	*
1032.03	Cepa CIAT 632	12.50	-
955.37	Cepa CIAT 407	12.50	-
953.89	50 kg de N/ha	90.19	-
938.34	Cepa CIAT 625	12.50	-
861.47	Cepa CIAT 390	12.50	-

\* Condición No Dominada  
- Condición Dominada

CUADRO No.5

ANALISIS DE DOMINANCIA PARA LAS CEPAS DE Rhizobium Y  
NIVELES DE NITROGENO EN LA VARIEDAD PARRAMOS .  
CHIMALTENANGO, 1987.

BENEFICIO NETO (BN)	TRATAMIENTOS (T)	COSTOS VARIABLES (CV)	
1102.77	Cepa CIAT 632	12.50	*
1009.10	25 kg de N/ha	54.09	-
989.18	Cepa CIAT 390	12.50	*
983.15	75 kg de N/ha	126.28	-
978.04	50 kg de N/ha	90.19	-
957.20	Cepa CIAT 407	12.50	*
909.39	Cepa CIAT 625	12.50	-
803.94	0 kg de N/ha	0.00	*

- \* Condición No Dominada
- Condición Dominada

La Tasa Marginal de Retorno (TMR) más alta, en la Variedad Quinak-ché (Cuadro No.6) corresponde al tratamiento con 25 kg de N/ha, concordando con el comportamiento-respuesta del análisis estadístico; esta condición efectiva de rendimiento asevera que el nivel de nitrógeno utilizado, sirve en este caso como "starter" a la Cepa Nativa presente en el suelo cuando actúa específicamente con la variedad de frijol QUINAK-CHE, en el área del ensayo.

En el Cuadro No.7 se puede observar que la Tasa Marginal de Retorno (TMR) más alta en la variedad Parramos, corresponde a la Cepa CIAT 632; esto confirma lo observado en los resultados del análisis estadístico, en los cuales todas las variables estudiadas respecto a la Cepa CIAT 632, tienden a manifestar un mejor comportamiento de nodulación y rendimiento de la planta.

CUADRO No.6

ANALISIS DE TASA MARGINAL DE RETORNO  
PARA LAS CONDICIONES NO DOMINADAS DE LA VARIEDAD QUINAK-CHE  
CHIMALTENANGO, 1987.

BENEFICIO NETO (BN)	TRATAMIENTOS (T)	COSTO VARIABLE (CV)	INCREMENTO BENEFICIO NETO (IBN)	INCREMENTO COSTOS VARIABLES (ICV)	TASA MARGINAL RETORNO (TMR)
1167.86	25 kg de N/ha	54.09	96.40	54.09	1.78
1071.46	0 kg de N/ha*	0.00	0.00	0.00	0.00

\* Tratamiento TESTIGO

CUADRO No.7

ANALISIS DE TASA MARGINAL DE RETORNO  
PARA LAS CONDICIONES NO DOMINADAS DE LA VARIEDAD PARRAMOS  
CHIMALTENANGO, 1987.

BENEFICIO NETO (BN)	TRATAMIENTOS (T)	COSTO VARIABLE (CV)	INCREMENTO BENEFICIO NETO (IBN)	INCREMENTO COSTOS VARIABLE (ICV)	TASA MARGINAL RETORNO (TMR)
1102.77	Cepa CIAT 632	12.50	298.83	12.50	23.21
989.18	Cepa CIAT 390	12.50	185.24	12.50	14.82
957.20	Cepa CIAT 407	12.50	153.26	12.50	12.26
803.94	0 kg de N/ha*	0.00	0.00	0.00	0.00

\* Tratamiento TESTIGO

$$\begin{aligned} \text{IBN} &= \text{BN (T)} - \text{BN (Testigo)} \\ \text{ICV} &= \text{CV (T)} - \text{CV (Testigo)} \\ \text{TMR} &= \frac{\text{IBN}}{\text{ICV}} \end{aligned}$$

VIII. Conclusiones.

1. La inoculación con la Cepa CIAT 632 presenta una respuesta similar a la que provoca el nivel más alto de fertilización nitrogenada, en las variedades QUINAK-CHE y PARRAMOS, obteniéndose los mejores rendimientos con la variedad PARRAMOS.
2. La variedad QUINAK-CHE manifiesta buena respuesta a la no dulación con la CEPA NATIVA, pudiendo competir con la fer tilización nitrogenada.
3. La variedad PARRAMOS, según el análisis económico, es bas tante rentable con solo inocular la semilla con la Cepa CIAT 632.
4. El análisis económico demuestra que la variedad QUINAK-CHE resulta ser más rentable en su producción cuando se aplica el tratamiento de 25 kg de N/ha sin el uso de inoculantes, en el área del ensayo.
5. La aplicación de bajos niveles de nitrógeno (25 kg/ha), estimulan el desarrollo de la Cepa NATIVA, lo que se ma- nifiesta finalmente en el rendimiento.
6. Los niveles altos de nitrógeno (75 kg/ha), inhiben el de- sarrollo nodular, sin embargo esta cantidad de nitrógeno aplicado es absorbido por la planta, lo que da como resul- tado un buen rendimiento de grano.

IX. Recomendaciones.

- (\*) Se recomienda desarrollar PARCELAS DEMOSTRATIVAS para evaluar los tratamientos 0 kg de nitrógeno/ha (CEPA--NATIVA); 25 kg de nitrógeno/ha y la Ceba CIAT 632, en las variedades de frijol negro QUINAK-CHE y PARRAMOS.

X. Bibliografía.

1. AGUILERA, R. s.f. La fijación de N<sub>2</sub> por Rhizobium, su importancia y alternativas para Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de A--gronomía. 14 p.
2. BRILL, W.J. 1978. Fijación biológica del nitrógeno atmosférico; reportajes de la actualidad del mundo. México, COMEN. p 30.
3. CASAS, C.C. 1982. Fijación biológica de N<sub>2</sub>. México, MIR-CEN. Boletín Informativo, v. 1, s.p.
4. DANSO, S.; ESKEN, D.L. 1980. Aumento de la capacidad de fijación biológica de N<sub>2</sub>. México. ANAIS. Boletín Informativo no. 26. s.p.
5. DEVLIN, R.M. 1980. Fisiología vegetal. 3 ed. España, Omega. p 328.
6. DOBEREINER, J. et al. 1978. Limitations and potential for biological nitrogen fixation in the tropics. E E. U U. AID. 298 p.
7. FASSBENDER, H.W. 1982. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. Costa Rica, IICA. p 254.
8. GRAHAM, P.H. 1980. Importancia del hospedero en la nodulación y fijación de nitrógeno por leguminosas con algunas sugerencias para mejorarlas. Colombia, CIAT. 26 p.
9. MICROBIOLOGICAL RESOURCES CENTER. 1980. Morfología e bioquímica de Rhizobium. Brasil, MIRCEN. v.4. s.p.
10. REUNION LATINOAMERICANA DE Rhizobium (12, 1986, Brasil). 1986. Rhizobium. Brasil, ANAIS. 750 p.
11. SIMMONS, Ch.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsoma. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.

12. VIDOR, C. 1983. Fixação biológica do nitrogênio per la sim  
biosis entre Rhizobium e leguminosas. Brasil, IPAGRO.  
Boletín Técnico no. 11. p. 10.

60 60

*Patuall*



- ANEXOS -

CUADRO No. 1

DATOS DE CAMPO PARA LAS VARIABLES RESPUESTA EN EL ENSAYO  
DE FIJACION DE NITROGENO, CORRESPONDIENTE A LA VARIEDAD QUINAK-CHE.  
CHIMALTENANGO, 1987.

BLOQUE	TRATAMIENTOS	N O D U L O S			MATERIA SECA (kg/ha)	% NITRO- GENO	RENDIMIENTO EN GRANO (kg/ha)
		NUMERO	PESO (gr)	VOLUMEN (ml)			
I	CEPA CIAT 407	731	9.0	15.5	281.67	3.69	1144.14
	CEPA CIAT 390	1126	8.5	13.8	280.83	4.14	730.50
	CPA CIAT 625	730	6.9	10.8	285.83	3.24	1012.42
	CEPA CIAT 632	925	8.3	14.0	246.67	3.39	1122.59
	0 Kg de N/ha	390	9.6	13.8	260.00	3.39	1079.52
	25 Kg de N/ha	945	14.1	17.5	353.33	4.54	1273.46
	50 Kg de N/ha	493	6.4	12.3	262.50	3.99	947.15
	75 Kg de N/ha	152	1.8	2.9	300.83	4.14	1368.49
II	CEPA CIAT 407	500	8.8	14.0	202.50	3.69	961.24
	CEPA CIAT 390	347	5.1	11.5	239.17	3.54	931.88
	CEPA CIAT 625	503	9.2	15.0	187.50	3.39	914.72
	CEPA CIAT 632	649	5.7	10.0	259.17	3.69	968.51
	0 Kg de N/ha	332	3.1	4.3	145.83	3.24	997.99
	25 Kg de N/ha	622	8.7	13.0	300.00	4.59	1267.28
	50 Kg de N/ha	265	5.9	11.7	218.33	4.14	1106.12
	75 Kg de N/ha	95	0.6	1.3	265.83	4.89	1403.89
III	CEPA CIAT 407	471	5.1	9.8	199.17	3.69	885.77
	CEPA CIAT 390	380	5.8	10.6	215.00	3.69	770.16
	CEPA CIAT 625	884	8.9	14.0	305.00	2.94	896.79
	CEPA CIAT 632	720	7.0	11.3	251.67	3.69	1093.26
	0 Kg de N/ha	610	6.2	8.3	211.67	3.54	1093.18
	25 Kg de N/ha	730	8.8	13.8	328.33	4.29	1082.54
	50 Kg de N/ha	273	6.7	12.0	299.17	3.69	980.15
	75 Kg de N/ha	163	1.6	2.6	343.33	4.89	1100.75
IV	CEPA CIAT 407	477	6.2	10.5	227.50	4.14	842.03
	CEPA CIAT 390	876	6.1	10.1	265.83	3.39	1028.74
	CEPA CIAT 625	528	4.8	9.0	218.33	3.09	941.80
	CEPA CIAT 632	530	5.5	9.8	223.33	3.54	952.41
	0 Kg de N/ha	304	2.8	5.3	207.50	2.94	1072.70
	25 Kg de N/ha	946	10.0	14.2	374.17	3.69	1216.11
	50 Kg de N/ha	246	6.8	10.3	358.33	3.99	1101.54
	75 Kg de N/ha	148	1.4	2.0	334.17	4.54	1101.81

CUADRO No. 2

DATOS DE CAMPO PARA LAS VARIABLES RESPUESTA EN EL ENSAYO  
DE FIJACION DE NITROGENO, CORRESPONDIENTE A LA VARIEDAD PARRAMOS,  
CHIMALTENANGO, 1987

BLOQUE	TRATAMIENTOS	N O D U L O S			MATERIA SECA (kg/ha)	% NITRO- GENO	RENDIMIENTO EN GRANO (kg/ha)
		NUMERO	PESO (gr)	VOLUMEN (ml)			
I	CEPA CIAT 407	482	10.0	17.0	216.67	4.14	851.28
	CEPA CIAT 390	271	4.8	10.5	175.00	3.39	850.00
	CEPA CIAT 625	662	7.5	13.0	271.67	3.39	1004.19
	CEPA CIAT 632	810	7.9	12.6	284.57	3.84	964.28
	0 Kg de N/ha	397	5.1	9.0	247.50	3.09	789.94
	25 Kg de N/ha	630	7.2	13.0	355.83	3.69	990.64
	50 Kg de N/ha	412	8.3	12.2	335.00	4.54	863.65
	75 Kg de N/ha	138	1.3	2.1	230.00	4.89	961.00
II	CEPA CIAT 407	614	6.0	10.0	263.33	3.54	1030.63
	CEPA CIAT 390	390	5.6	11.6	269.17	3.54	1134.72
	CEPA CIAT 625	535	6.0	10.7	175.00	2.94	867.42
	CEPA CIAT 632	840	8.4	15.2	315.83	4.14	1363.94
	0 Kg de N/ha	380	6.9	11.9	162.50	3.54	767.45
	25 Kg de N/ha	468	5.5	10.5	264.17	4.14	985.91
	50 Kg de N/ha	320	7.2	11.0	445.00	4.14	1100.00
	75 Kg de N/ha	110	0.9	1.7	259.17	4.14	1074.00
III	CEPA CIAT 407	585	6.1	10.7	250.00	3.69	980.24
	CEPA CIAT 390	365	5.0	10.1	249.17	3.54	1081.11
	CEPA CIAT 625	708	7.6	13.5	183.33	3.09	918.74
	CEPA CIAT 632	712	7.1	11.9	276.67	4.44	1103.54
	0 Kg de N/ha	430	7.0	11.7	211.67	2.64	765.60
	25 Kg de N/ha	450	4.8	10.2	245.00	4.54	1089.88
	50 Kg de N/ha	207	2.8	4.6	294.17	3.69	1157.14
	75 Kg de N/ha	130	1.0	2.0	291.67	4.54	1168.82
IV	CEPA CIAT 407	646	7.1	11.6	235.83	3.84	978.26
	CEPA CIAT 390	1067	8.0	12.8	261.67	3.69	901.21
	CEPA CIAT 625	565	6.1	11.0	231.67	2.79	859.58
	CEPA CIAT 632	730	8.4	14.8	306.67	4.44	985.15
	0 Kg de N/ha	450	7.5	12.1	230.00	2.79	830.93
	25 Kg de N/ha	547	4.3	10.0	337.50	3.39	1144.22
	50 Kg de N/ha	250	5.3	10.3	269.17	3.69	1109.82
	75 Kg de N/ha	128	1.1	1.9	347.50	4.14	1190.00

CUADRO No. 3

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA PARA LAS DIFERENTES VARIABLES ESTUDIADAS, EN EL ENSAYO DE FIJACION DE NITROGENO, CHIMALTENANGO, 1987

CUADRO No. 3-A

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE NUMERO DE NODULOS en 1.2 m<sup>2</sup> (eq. 10 Plantas)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	SIGNIFICANCIA
BLOQUE	3	180793.00	60264.330		0.000
TRATAM	15	2616647.00	174443.100	6.770	0.199
A	1	43160.00	43160.000	1.675	0.199
B	7	2384443.00	340634.700	13.200	0.000
AB	7	189044.00	27006.290	1.043	0.412
ERROR	45	1159467.00	25765.930		
TOTAL	63	3956907.00			

Coefficiente de Variación: 31.59%

A = Variedad de Frijol      B = Cepas y Nitrógeno

CUADRO No. 3-B

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO DE NODULOS en g/1.2 m<sup>2</sup> (eq. 10 Plantas)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	SIGNIFICANCIA
BLOQUE	3	19.584	6.461		
TRATAM	15	275.963	18.264	8.662	0.000
A	1	2.765	2.765	1.311	0.257
B	7	235.387	33.637	15.947	0.000
AB	7	35.812	5.116	2.426	0.033
ERROR	45	94.889	2.109		
TOTAL	63	388.236			

Coefficiente de Variación: 23.89%

A = Variedad de Frijol      B = Cepas y Nitrógeno

CUADRO No. 3-C

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE VOLUMEN DE NODULOS en ml/1.2 m<sup>2</sup> (eq. 10 Plantas)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	SIGNIFICANCIA
BLOQUE	3	35.216310	11.739	2.882	0.0453
TRATAM	15	754.732000	50.315	12.355	0.0000
A	1	0.140625	0.141	0.035	0.8476
B	7	691.345200	98.764	24.251	0.0000
AB	7	63.246100	9.035	2.222	0.0508
ERROR	45	183.268600	4.073		
TOTAL	63	973.216800			

Coefficiente de Variación: 19.41%

A = Variedad de Frijol      B = Cepas y Nitrógeno

CUADRO No. 3-D

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE MATERIA SECA DE PLANTAS en g/1.2 m<sup>2</sup> (eq. 10 Plantas)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	SIGNIFICANCIA
BLOQUE	3	122.621	40.874	1.508	0.2243
TRATAM	15	1590.852	106.057	3.912	0.0003
A	1	0.345	0.344	0.013	0.9070
B	7	1331.602	190.229	7.016	0.0001
AB	7	258.906	36.987	1.364	0.2432
ERROR	45	1220.051	27.112		
TOTAL	63	2933.524			

Coefficiente de Variación: 16.39%

A = Variedad de Frijol      B = Cepas y Nitrógeno

CUADRO No. 3-E

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE % DE NITROGENO en 1.2 m<sup>2</sup> (eq. 10 Plantas)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	SIGNIFICANCIA
BLOQUE	3	0.309	0.103		
TRATAM	15	14.367	0.957	11.000	0.000
A	1	0.016	0.016	0.184	0.077
B	7	13.192	1.885	21.666	0.000
AB	7	1.159	0.165	1.896	0.190
ERROR	45	3.943	0.087		
TOTAL	63	18.619			

Coefficiente de Variación: 7.3 %

A = Variedad de Frijol      B = Cepas y Nitrógeno

CUADRO No. 3-F

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO EN GRANO en kg/ha, calculado al 14% de Humedad

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	SIGNIFICANCIA
BLOQUE	3	28892	9630.667	0.806	0.5001
TRATAM	15	815712	54380.800	4.551	0.0001
A	1	34992	34992.000	2.928	0.0902
B	7	539268	77024.000	6.446	0.0001
AB	7	241552	34507.430	2.888	0.0140
ERROR	45	537708	11949.070		
TOTAL	63	1382312			

Coefficiente de Variación: 10.7164%

A = Variedad de Frijol      B = Cepas y Nitrógeno

CUADRO No. 4

PRESUPUESTO PARCIAL DEL ANALISIS ECONOMICO DEL ENSAYO DE FIJACION DE NITROGENO,  
PARA LAS VARIEDADES DE FRIJOL, QUINAK-CHE Y PARRAMOS  
CUMALTEMANGO, 1987

TRATAMIENTOS	VARIEDAD QUINAK - CHE								VARIEDAD PARRAMOS							
	CEPAS DE RHYZOBIIUM				NIVELES DE NITROGENO				CEPAS DE RHYZOBIIUM				NIVELES DE NITROGENO			
	407	390	622	632	0kg	22kg	30kg	72kg	407	390	622	632	0kg	25kg	30kg	75kg
<b>INGRESOS</b>																
Rendimiento X Kg/ha	958.29	865.32	941.43	1034.19	1000.85	1209.85	1033.74	1243.73	960.10	991.76	912.48	1104.23	795.98	1052.66	1057.65	1098.45
(*) Precio Prod. Q/kg	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
BENEFICIO BRUTO	967.87	873.97	950.84	1044.53	1071.46	1221.95	1044.08	1256.17	969.70	1001.68	921.89	1113.27	803.94	1063.19	1068.23	1109.43
<b>COSTOS VARIABLES</b>																
<b>CEPA 407</b>																
Cant. inóculo (kg)	0.50								0.50							
Precio/kg (Q.)	16.00								16.00							
SUB TOTAL	8.00								8.00							
<b>CEPA 390</b>																
Cant. inóculo (kg)		0.50								0.50						
Precio/kg (Q.)		16.00								16.00						
SUB TOTAL		8.00								8.00						
<b>CEPA 622</b>																
Cant. inóculo (kg)			0.50								0.50					
Precio/kg (Q.)			16.00								16.00					
SUB TOTAL			8.00								8.00					
<b>CEPA 632</b>																
Cant. inóculo (kg)				0.50								0.50				
Precio/kg (Q.)				16.00								16.00				
SUB TOTAL				8.00								8.00				
<b>0 kg de N/ha</b>																
Cant. Urea (kg)					0.00								0.00			
Precio/kg (Q.)					0.00								0.00			
SUB TOTAL					0.00								0.00			
<b>22 kg de N/ha</b>																
Cant. Urea (kg)						68.10								68.10		
Precio/kg (Q.)						0.53								0.53		
SUB TOTAL						36.09								36.09		
<b>30 kg de N/ha</b>																
Cant. Urea (kg)							136.20							136.20		
Precio/kg (Q.)							0.53							0.53		
SUB TOTAL							72.19							72.19		
<b>72 kg de N/ha</b>																
Cant. Urea (kg)								204.30							204.30	
Precio/kg (Q.)								0.53							0.53	
SUB TOTAL								108.28							108.28	
# DE JORNALES	1	1	1	1	0	4	4	4	1	1	1	1	0	4	4	4
COSTO/JORNAL	4.50	4.50	4.50	4.50	0.00	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	0.00	4.50	4.50	4.50
SUB TOTAL (C.V)	4.50	4.50	4.50	4.50	0.00	18.00	18.00	18.00	4.50	4.50	4.50	4.50	0.00	18.00	18.00	18.00
TOTAL COSTOS VARS.	12.50	12.50	12.50	12.50	0.00	34.09	90.18	126.28	12.50	12.50	12.50	12.50	0.00	34.09	90.19	126.28
BENEFICIO NETO	955.37	861.47	938.34	1032.03	1071.46	1167.86	933.88	1129.89	957.20	989.18	909.39	1102.77	803.94	1009.10	978.04	983.15

(\*) Precio del Frijol pagado por INDECA, periodo  
Julio/87 - Marzo/88 ----0.46.00/kg

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....

Asunto lo. de junio 1988 .....

"IMPRIMASE"



ING. AGR. GUSTAVO A. MENDEZ G.  
DECANO EN FUNCIONES