

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO SIN PERMISO

EVALUACION DE LA FIJACION DE NITROGENO DE CUATRO
CEPAS DE Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli
EN LA VARIEDAD DE FRIJOL QUINAK-CHE



Guatemala, octubre de 1990.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

81
7(1146)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

R E C T O R

DR. ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Anibal B. Martínez M.
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Maynor E. Estrada R.
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Wotzbelí Méndez E.
VOCAL CUARTO	P. Agr. Alfredo Itzep M.
VOCAL QUINTO	P. Agr. Marco Tulio Santos
SECRETARIO	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
EXAMINADOR	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez Gómez
EXAMINADOR	Ing. Agr. Víctor H. Méndez E.
EXAMINADOR	Ing. Agr. Maynor E. Estrada Rosales
SECRETARIO	Ing. Agr. Rodolfo Albizurez P.

Guatemala,
Octubre de 1990

Señores
Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía
Presente

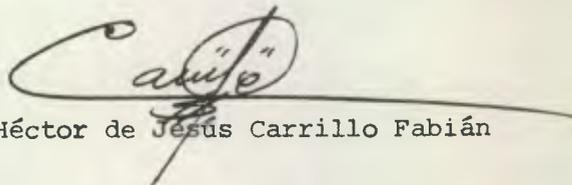
Señores:

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 DE CUATRO CEPAS DE Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, EN LA VARIEDAD DE FRIJOL QUINAK-CHE"

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

Deferentemente,



Héctor de Jesús Carrillo Fabián

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS Lámpara que iluminó mi pensamiento y me guió por el sendero de la vida hasta culminar mi carrera.
- A MI MADRE: Matilde Fabián vda. de Carrillo
Por todo su amor, esfuerzo y ser la guía durante toda mi vida.
- A MI PADRE (Q.E.P.D.) Que despierte tan solo un instante de su sueño eterno para acompañarme en mis momentos felices.
- A MIS HERMANOS: Hugo Rolando (Q.E.P.D.)
Elva Nineth
Nery Estuardo
Con verdadero amor, hoy, mañana y siempre.
- A MI ESPOSA: Miriam Patricia Castellanos
que el triunfo que hoy obtengo sea para ella una muestra de amor.
- A MIS HIJAS: Jeimy Iliana
Diana Patricia
que mi triunfo sea un verdadero ejemplo en sus vidas y que sabrán superarse en el futuro.
- A MIS SOBRINOS: Con cariño
- A MI PRIMA: Bertha Fabián de Barillas
Con gratitud y cariño
- A MIS PRIMOS: Alirio Arnoldo Fabián
Javier Antonio Carrillo
- A LA FAMILIA: Fabián Rosales
- A MI AMIGO: Edgar Aroldo Rodas
- A MIS TIOS Y PRIMOS

TESIS QUE DEDICO

A: MI PATRIA GUATEMALA

A: LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA

A: LA FACULTAD DE AGRONOMIA

AL: Ing. Agr. ROLANDO AGUILERA MEJIA

AGRADECIMIENTOS

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

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.

CONTENIDO

	PAGINA
RESUMEN	
I INTRODUCCION	1
II HIPOTESIS	2
III OBJETIVOS	3
IV REVISION DE LITERATURA	4
V MATERIALES Y METODOS	9
A. Descripción del área experimental	9
1. Ubicación geográfica	9
2. Características climáticas	9
3. Características del suelo	9
4. Cantidad de nutrimentos	9
B. Material experimental	10
1. Semilla de frijol	10
2. Inoculante aplicado	10
3. Fertilizante	11
C. Tratamientos	12
D. Diseño experimental	12
E. Análisis de datos	13
F. Datos a tomar	13
G. Manejo del experimento	14
VI ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	18
VII CONCLUSIONES	27
VIII RECOMENDACIONES	28
IX BIBLIOGRAFIA	29
X ANEXO	31

EVALUACION DE LA FIJACION DE NITROGENO DE CUATRO
CEPAS DE Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli
EN LA VARIEDAD DE FRIJOL QUINAK-CHE

EVALUATION OF NITROGEN FIXATION BY FOUR
Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli CEPES
ON THE QUINAK-CHE BEAN VARIETY

R E S U M E N

El trabajo se llevó a cabo en el departamento de Chimaltenango en Guatemala a 14°39'20" de latitud norte y 90°49'20" longitud oeste, a una altura de 1800 msnm y una temperatura de 18°C. Se evaluó el efecto de las cepas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli siguientes: CIAT 151, CIAT 632, CIAT 166 y CIAT 899, quienes se compararon con la cepa nativa y el efecto de la aplicación de 100 kg/ha de nitrógeno en la variedad de Phaseolus vulgaris Quinak-ché. El ensayo se efectuó en bloques al azar con 4 réplicas consiguiendo observarse los siguientes efectos: buena capacidad noduladora de las cepas mejoradas y la nativa así como un buen volumen nodular y aunque las diferencias estadísticas no existieron, la cepa CIAT 151 y la nativa superó a las demás. Los rendimientos de materia seca de plantas, rendimiento de grano y porcentaje de nitrógeno en la planta fue estadísticamente igual en todos los tratamientos, lo que establece buen efecto fijador del material evaluado y la cepa nativa contra el nivel de 100 kg/ha de nitrógeno. Superaron a todos los tratamientos la cepa nativa y CIAT 151 con rendimientos por hectárea de 2213.6 y 2184.5 kg de grano - respectivamente.

I. INTRODUCCION

Por la gran diversidad de aprovechamientos directos e indirectos que ofrecen las leguminosas, constituyen después de las gramíneas el grupo de plantas de mayor importancia para la agricultura mundial. Muchas de las especies leguminosas se prestan a un creciente número de usos industriales y/o medicinales o son de gran valor ornamental, además mediante la simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, éstas mantienen y mejoran la fertilidad de los suelos donde se cultivan.

El frijol Phaseolus vulgaris L., es un cultivo de gran importancia económica, tanto por la superficie de su producción, como por su valor alimenticio.

En las últimas décadas con el impulso que está tomando la fijación biológica de nitrógeno a nivel mundial, se han conducido una serie de trabajos para determinar la eficiencia de cepas de rizobios y según la opinión de algunos investigadores existe una gran alternativa para incrementar los rendimientos - disminuyendo los costos de producción, sin la necesidad de incorporar abonos químicos nitrogenados al suelo.

Guatemala en los últimos años se ha incorporado a la investigación en el campo de la Rhizobiología y todos estos trabajos tienen marcada tendencia al cultivo de frijol, debido a la importancia del grano en la dieta de nuestra población.

En función de lo anterior, en el presente estudio se busca a través de la evaluación de cuatro cepas promisorias de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, encontrar una o varias cepas que al ser inoculadas sustituyan la utilización de nitrógeno mineral en la variedad de frijol Quinak-ché, sembrada en el altiplano medio.

II. HIPOTESIS

Las cuatro cepas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, inoculadas en la variedad de frijol Quínak-ché, son igualmente fijadoras de nitrógeno atmosférico a las existentes en forma natural en el suelo donde se sembró el experimento.

III. OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la fijación de nitrógeno de cuatro cepas preseleccionadas de - Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, en la variedad de frijol Qui-nak-ché, sembrada en suelos de la serie Tecpán.

2. OBJETIVO ESPECIFICO

Comparar el efecto de la inoculación de las cuatro cepas seleccionadas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli, contra las cepas de Rhizo-bium existentes en el área del experimento.

IV. REVISION DE LITERATURA

A. IMPORTANCIA DE LA FIJACION DE NITROGENO

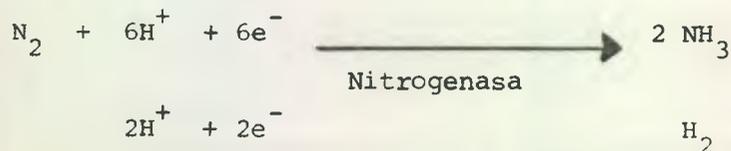
Las enormes cantidades de nitrógeno elemental gaseoso contenido en el aire, no son aprovechados por las plantas. De aquí la importancia de que ciertas bacterias pueden asimilar y fijar el nitrógeno gaseoso ya sea de la atmósfera o del aire del suelo (7).

La fijación biológica de nitrógeno es un proceso que implica una alta demanda de energía, pero en este caso se obtiene de la radiación solar en condiciones ambientales de temperatura y presión (1).

Los diferentes microorganismos capaces de fijar nitrógeno no botienen la energía que requieren a partir de la fotosíntesis, bien sea directamente como en el caso de las cianobacterias o indirectamente de los carbohidratos producidos por otros organismos fotosintéticos. En este último caso, los microorganismos obtienen los carbohidratos gracias a su localización dentro de la planta en la rizosfera o a partir de sustratos orgánicos presentes en el suelo y agua (13).

La enzima nitrogenasa es la que cataliza la reducción de N_2 a NH_3 se localiza en el interior de las bacterias fijadoras de nitrógeno. Esta enzima tiene 2 componentes principales, la proteína ferrosa y la proteína molibdeno forrosa. La presencia de molibdeno en esta enzima, al igual que en la enzima nitrato reductasa, explica el requerimiento de molibdeno para la asimilación de N_2 y NO_3^- .

En condiciones óptimas, la reacción de la nitrogenasa puede expresarse de la siguiente manera (13).



B. . SELECTIVIDAD Y ESPECIFICIDAD EN LA SIMBIOSIS RHIZOBIUM-LEGUMINOSA

Hasta hace 20 años Graham (7) menciona que la tendencia era pensar en las leguminosas como socios pasivos en la fijación de nitrógeno y atribuir al rhizobio todas las cualidades importantes para tal actividad, la tendencia moderna es ya pensar en la leguminosa como factor dominante en la simbiosis.

La selectividad es un fenómeno que se puede enfocar en dirección bacteria-planta y planta-bacteria, o sea que no solo son las características fisiológicas propias de cada especie de Rhizobium las que definen que la planta nodule sino también el género, especie o variedad de leguminosa que puede seleccionar el tipo de Rhizobium que la puede infectar (7).

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).

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 nitrógeno 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 (7).

Por consiguiente, la genética de la leguminosa huésped y de las bacterias son sumamente importantes, al igual que la modalidad de su interacción. Asimismo, todo factor nutritivo o ambiental que afecte a una de las partes, afecta la eficiencia global de la simbiosis (5).

B.1 Proceso de infección:

Morales y Hubbel (14), explican que después o durante la colonización de la raíz el rhizobio se adhiere a la pared celular del pelo radical a través de un puente formado por la proteína denominada --LECTINA, la cual se une específicamente al antígeno común rhizobio-leguminosa. Una sustancia no difusible causa la distorsión del pelo radical con la formación del cayado del pastor que consiste en un torcimiento del pelo radical en 180°, la punta del pelo radical completamente distorsionada encierra al rhizobio permitiendo el aumento en la concentración de algunos metabolitos entre ellos las enzimas hidrolíticas, que debilitan la pared celular incrementando el paso de las sustancias o sea el establecimiento de una comunicación bioquímica más íntima entre la bacteria y la leguminosa. Este intercambio dará como resultado la relocalización o inversión del crecimiento de la pared celular lo cual causaría la formación del hilo infectivo.

C. TECNICAS DE INOCULACION DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITROGENO SOBRE SEMILLAS DE LEGUMINOSAS

Según Kolling (9) existen varias técnicas de inoculación sobre semillas de leguminosas, donde las aplicaciones directas de inoculante en turba a la semilla fijándola con un adhesivo como solución azucarada, hasta la técnica de peletización que viene a ser la técnica indicada cuando se hace experimentación agrícola, que consiste en revestir las semillas con un producto que favorezca y proteja a los rhizobios de los factores desfavorables de tipo ambiental, el mismo autor menciona entre otros factores falta de humedad, altas temperaturas, pH ácido, los cuales afectan su sobrevivencia, así como su capacidad multiplicativa en la rizofera.

Méndez citando a Killing (12), menciona que los materiales para peletizar recomendados son roca fosfatada finamente molida.

Lima, citando a Vincent (11), indica que el carbonato de calcio en proporción de 25 gramos por 5 gramos de turba inoculada es aconsejable. - La semilla una vez peletizada, puede permanecer almacenada de una hasta trece semanas, de acuerdo a la calidad del inoculante original, temperatura de almacén y naturaleza del adhesivo usado.

D. PARAMETROS UTILIZADOS EN LA EVALUACION DE UNA CEPA

Alaides (2), enumera tres aspectos principales que están ligados directamente con las técnicas adoptadas en la evaluación de una cepa, estos aspectos son los siguientes:

1. Capacidad de nodulación de estirpes (cepas) inoculadas;
2. Eficiencia de la estirpe en su capacidad de fijar nitrógeno;
3. Utilización de nitrógeno fijado por las plantas.

Basado en ello el experimentador deberá crear sus condiciones de trabajo de acuerdo a sus objetivos, procurando un modo más viable y rápido - para obtener resultados.

Méndez cita a Vincent (12) menciona que los experimentos de campo comparados con aquellas condiciones de laboratorio e invernaderos, difieren - entre sí, debido a:

1. Mayor número de rhizobios por semilla en plantíos en campo;
2. Ineficiencia de determinadas estirpes seleccionadas en condiciones de laboratorio e inoculadas para condiciones de campo.

Muchas situaciones están ligadas a problemas de competición con estirpes nativas y exigencias de factores externos propios al desenvolvimiento de simbiosis con la planta.

E. ALGUNOS ESTUDIOS EFECTUADOS CON LEGUMINOSAS Y RHIZOBIOS

De acuerdo con los datos levantados por Mirgen, Brasil, citado por Ve--

lásquez (17), la situación de la investigación y promoción con rhizobium, en la América Latina está caracterizada así:

1. Un número significativo de agricultores de la América Latina no saben o desconocen la utilización de rhizobium en la agricultura;
2. Ausencia o inadecuada promoción de rhizobium en las facultades de agronomía y en consecuencia agrónomos, extensionistas y los mismos investigadores no conocen sus beneficios.
3. Solamente en 5 países latinoamericanos los inoculantes son producidos en escala comercial.

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 de Anabaena y el Rhizobium, que necesitan al alga Azolla y las plantas leguminosas respectivamente (1).

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 (6).

La simbiosis de rhizobium-leguminosas representa un gran potencial para la obtención de alimentos ricos en proteína a bajo costo, previendo que las necesidades de la planta sea satisfecha a través de la fijación simbiótica de nitrógeno no siendo necesario la aplicación de nitrógeno mineral, lastimosamente este mecanismo no es convenientemente aprovechado por los países menos desarrollados (los más carentes de proteínas), no así los países más avanzados si han aprovechado este proceso para producir grandes cantidades de alimentos protéicos (10).

V. MATERIALES Y METODOS

A. DESCRIPCION DEL AREA EXPERIMENTAL

1. Ubicación Geográfica:

El presente estudio se llevó a cabo en terrenos de la estación experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), Chimaltenango, ubicada a 3.5 k de la cabecera departamental de Chimaltenango con coordenadas $14^{\circ}39'20''$ de latitud norte y $90^{\circ}49'20''$ de longitud oeste.

2. Características climáticas:

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge (8), el área experimental corresponde a la zona ecológica: Bosque húmedo montano bajo. La altitud es de 1800 msnm, la precipitación media anual de 1500 mm y una temperatura media anual de 18°C .

3. Características del suelo:

El suelo del área experimental según la clasificación de Charles - Simmons (16), pertenece a los suelos serie Tecpán, cuyas características son las siguientes: suelos profundos desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro, buen drenaje, textura franco-arenosa, con fertilidad natural regular y relieve casi plano a ondulado.

4. Cantidad de nutrimentos:

El análisis del suelo del área experimental se efectuó en el laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) y Facultad de Agronomía respectivamente y mostró que éste tiene las siguientes características:



ANALISIS QUIMICO DEL SUELO

%	%	%	C.N.	pH	ppm		Meq/100 g		ppm			
					N _T	C.O.	M.O.	P	K	Ca	Mg	Fe
0.19	2.16	3.74	11.4	6.0	9.7	94	2.5	0.31	39.5	4.0	8.5	2.0

RELACIONES

Ca/Mg	Mg/K	$\frac{Ca+Mg}{K}$
8.2	1.29	11.9

B. MATERIAL EXPERIMENTAL

1. Semilla de frijol:

Se usó la variedad de frijol negro denominado Quinak-ché, recomendada por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, como variedad de alto rendimiento y tolerancia a las enfermedades Uromyces phaseoli (Roya del frijol) y Colletotrichum lindemutianum (Antracnosis). Esta variedad de frijol tiene hábito de crecimiento arbustivo y se adapta a alturas de 1900 a 2300 msnm con un tiempo de cosecha de 115 a 120 días después de la siembra.

2. Inoculante aplicado:

Las cepas evaluadas fueron preparadas en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, quien a través del proyecto de fijación de nitrógeno las obtuvo de la colección internacional existente en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), mismas que han sido evaluadas en otros países y condiciones climáticas que a su vez se identifican y caracterizan de la manera siguiente:

Cepa CIAT 632: Aislada por Rolando Aguilera en Guatemala, 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 de pruebas internacionales de inoculación de frijol en 1979.

Cepa CIAT 151: Aislada como Z-127 cerca de Medellín, Colombia - en 1972. Probada por su infectividad en 1979 - con buenos resultados.

Cepa CIAT 166: Aislada como Z-151 en Buga, Colombia en 1972. - Probada para infectividad en 1979, es altamente efectiva, incluida en los ensayos de Pruebas Internacionales de Inoculación de frijol en 1980. También avalada como mutante resistente a estreptomomicina.

Cepa CIAT 899: Aislada como M-188, por Carmen de Viboral, en Colombia en 1978. Probada por su infectividad en 1978 con buenos resultados.

2. Fertilizante:

Se utilizó 100 kg de nitrógeno por hectárea en forma de urea, cuyo contenido es al 46% de nitrógeno, efectuándose tres aplicaciones - y únicamente en los tratamientos que lo requerían siguiendo el -- plan siguiente: 35 kg/ha de nitrógeno a la siembra, 35 kg/ha de - nitrógeno a los 28 días de siembra y 30 kg/ha de nitrógeno a la - floración.

Triple superfosfato al (46% P_2O_5), en dosis de 60 kg/ha a la siembra.

Cloruro de potasio al 60% K_2O , en dosis de 60 kg/ha a la siembra.

C. , TRATAMIENTO

Los tratamientos que se efectuaron fueron seis mismos que consistieron en: comparar cuatro cepas de Rhizobium inoculadas a la semilla, contra la respuesta a las cepas que en el suelo nodulan las plantas en forma natural y contra el que produce la fertilización nitrogenada. A continuación se presenta el detalle de los mismos.

1. Inoculación de la cepa de Rhizobium CIAT 151 conservada en turba en la variedad de frijol Quinak-ché sin fertilización nitrogenada;
2. Inoculación de la cepa de Rhizobium CIAT 632 conservada en turba en la variedad de frijol Quinak-ché sin fertilización nitrogenada.
3. Inoculación de la cepa de Rhizobium CIAT 166 conservada en turba en la variedad de frijol Quinak-ché sin fertilización nitrogenada.
4. Inoculación de la cepa de Rhizobium CIAT 899 conservada en turba en la variedad de frijol Quinak-ché sin fertilización nitrogenada.
5. Sin inoculación de Rhizobium a la variedad de frijol Quinak-ché y sin fertilización nitrogenada.
6. Sin inoculación de Rhizobium a la variedad de frijol Quinak-ché, - con fertilización de 100 kg/ha de nitrógeno.

D. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue en bloques al azar con 4 repeticiones y 6 unidades experimentales en cada repetición, sembrando en cada una de ellas 5 surcos de 6.5 metros de largo a 0.50 metros de distancia. Las distancias entre plantas fueron de 0.10 metros.

La unidad experimental tuvo 16.25 metros cuadrados, representando cada -

bloque un área neta de 97.5 metros cuadrados y una área experimental neta de 390 metros cuadrados.

Dado que se diseñaron calles de 1 metro entre cada bloque y alrededor - del experimento, el área bruta ocupada fue de 527 metros cuadrados.

1. Modelo Estadístico:

El modelo estadístico para el diseño experimental y análisis de varianza fue el siguiente (4).

$$Y_{ij} = U + B_i + T_j + E_{ij}$$

Y_{ij} = Variable respuesta de la ij-ésima unidad experimental

U = Efecto de la media general

B_i = Efecto del i-ésimo bloque

T_j = Efecto del j-ésimo tratamiento

E_{ij} = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

E. ANALISIS 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 significativa-- mente.

F. DATOS A TOMAR

1. Observación inicial de nodulación:

Para esto se hicieron 2 observaciones de 5 plantas cada vez (a los - 9 y 14 días después de la siembra). La observación a los 9 días y

14 días tuvo como objetivo observar el inicio de la nodulación en cada tratamiento, se utilizaron para ello plantas que debieran arrancarse en el proceso de raleo.

2. Observación joven de la nodulación:

Se efectuó a los 28 días de la siembra, para esto se tomaron 5 plantas en los primeros 0.50 metros de los 3 surcos centrales para estimar el número de nódulos, su color, valor subjetivo de tamaño y patrón de nodulación en la planta.

3. Observación a la época de floración:

Este dato para efectos de nodulación es considerado como el más importante y fue tomado a los 56 días de la siembra, cuando más del 50% de las plantas habían floreado. Este dato se tomó en el segundo metro de la cabecera de cada parcela, utilizando un total de 10 plantas por muestreo de donde se obtuvo:

- a. Número de nódulos;
- b. Peso de nódulos;
- c. Volumen de nódulos;
- d. Peso de materia seca de la parte aérea de las plantas;
- e. Porcentaje de nitrógeno de la parte aérea de las plantas.

4. Observación del rendimiento de grano:

Este se efectuó a los 140 días después de la siembra, utilizando 4 metros de los 3 surcos centrales (6 metros cuadrados), para ello se contaron previamente el número de plantas cosechadas, el valor de humedad del grano y el peso del mismo.

G. MANEJO DEL EXPERIMENTO

El experimento se sembró el 25 de julio de 1989 pero un mes antes o sea

el 27 de junio en base al análisis de suelo del área experimental, por recomendación del departamento de suelos de la Facultad de Agronomía, se aplicó Cal Dolomítica a razón de 960 kg/ha para corregir las deficiencias de Ca y Mg y elevar el pH de 6 a un valor más cerca de la neutralidad de campo.

La preparación del terreno se hizo en forma mecanizada mediante una pasada de aradura y 2 pasadas de rastra quedando el suelo bien mullido y posteriormente se elaboraron los camellones manualmente.

La desinfección del suelo se efectuó al momento de la siembra y para prevenir plagas del suelo, se incorporó a este el insecticida Phoxín (Vola-- tón granulado al 5%) en una proporción de 6.5 gr/surco de 6.5 metros o sea 20 kg/ha.

La semilla de frijol que se utilizó en los tratamientos se inoculó con las cepas de Rhizobium, efectuando para la misma el siguiente procedimiento: en bolsas nuevas de plástico se colocaron aproximadamente 650 semillas (suficientes para cada unidad experimental), las que se inocularon con 5 cm de una suspensión aproximada de bacteria de 1×10^9 células/ml de inoculante de acuerdo a cada tratamiento. Cada unidad experimental fue sembrada colocando las semillas a 0.05 metros para un posterior raleo y teniendo el cuidado de que la misma no quedara en contacto directo con el fertilizante y el insecticida que fue aplicado en las dosis ya indicadas al fondo del surco con una capa de suelo encima. La técnica de siembra fue la misma para la semilla sin inoculo.

A los 20 días de siembra se efectuó un raleo dejando un distanciamiento de aproximadamente 0.10 metros entre plantas y entre 80 y 90 plantas por surcos.

El control de malezas se efectuó en forma manual (azadón) a los 35 y 60 días de la siembra aunque inicialmente un día después de la siembra se aplicó el herbicida LIMURON (Afalón 50 PM) en dosis de 0.75 lt/ha. En cuanto al control fitosanitario se hicieron las aplicaciones necesarias

de insecticidas y fungicidas, para el control de plagas y prevención de enfermedades, siguiendo el siguiente plan:

INSECTICIDA	NOMBRE GENERICO	APLICACIONES DIAS	PLAGAS QUE CONTROLA
Tamarón	Metamidofos	8, 17, 24 32, 52, 81	- Tortuguillas <u>Diabrotica sp.</u> - Mosca blanca <u>Bemisia tabaci</u>
Bavistín	Carbendazim	9	- Mancha de la hoja <u>Cercospora sp.</u> - Moho blanco <u>Sclerotinia sp.</u> - Antracnosis <u>Collectotrichum l.</u>
Banrot	Truban-plus	15	- Mal del talluelo <u>Phithium irregulare</u> - Fusarium <u>Fusarium sp.</u>
Benlate	Benomil	24, 39, 74	- Mancha angular <u>Isariopsis griseola</u> - Pudrición blanca <u>Sclerotinia sp.</u>
Baycord	Bitertanol	46, 52	- Antracnosis <u>Colletatrichum l.</u>
Dithame M-45	Mancozeb	81	- Roya <u>Uromyces phaseoli</u> - Antracnosis <u>Colletotrichum l.</u>

El adherente utilizado fue AGROMICIN

La toma de datos que como ya se describió se hizo en 5 fechas diferentes, en la primera (9 días) las plantas se trabajaron en el campo, así como - en la segunda y tercera (14 y 28 días), ahora bien el manejo de plantas

en la cuarta fecha de muestreo (56 días) requirió de la utilización de una balanza marca Ohaus modelo triple beam con la cual se tomó el peso fresco de las plantas cosechadas en ese momento, la parte aérea se separó de la raíz y de esta se obtuvieron los valores de nodulación ya manifestados usando para el volumen una probeta de 10 y 25 cc y para el peso una balanza con sensibilidad de 0.001 gramos, marca UDI.

Posteriormente y utilizando un deshidratador solar de la Estación Experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, se secaron las plantas durante 28 días y luego se pesaron obteniendo así peso de materia seca de las mismas.

Para obtener el porcentaje de nitrógeno total, el material vegetativo seco se llevó a un molino inoxidable marca Wylle, donde se trituraron hasta obtener un polvo con tamaño de 40 mesh. Cada muestra se analizó usando en cada análisis 0.1 gramos de tejido vegetal molido, se empleó el método de digestión, destilación y titulación de Micro-kjeldhal. Estos análisis se realizaron en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

VI. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

A. EL SUSTRATO EXPERIMENTAL

Se iniciará la discusión de los resultados obtenidos con un comentario del sustrato en el que se realizó el experimento, los suelos de la estación experimental del ICTA de Chimaltenango, de acuerdo a los resultados de laboratorio descritos en el capítulo V, acapite 4, mostraron en primer lugar que la materia orgánica y el nitrógeno estaban en 3.7% de M.O., y 0.19 de nitrógeno, estos niveles están abajo de lo que se ha establecido como normal en un suelo (5% de M.O. y 0.25-0.30% de nitrógeno), lo que permitió de principio seleccionar el terreno como apto para evaluar la fijación de nitrógeno atmosférico. Los otros elementos a excepción de Ca y Mg mostraron niveles adecuados para la planta y fue necesario hacer las enmiendas necesarias de Ca y Mg indicadas en la metodología de este trabajo con el objetivo que la planta consolidara un buen sistema radicular y la bacteria pudiese multiplicarse e infectar la planta sin otro limitante.

Las modificaciones al sustrato para dejar observar el efecto de la fijación de nitrógeno provocada por las cepas evaluadas, permitió entonces iniciar el trabajo y evaluar los parámetros que en los párrafos subsiguientes se analizan.

B. PRESENTACION GENERAL DEL ANALISIS DE FACTORES

Se analizaron estadísticamente los datos de las variables de nodulación de la raíz (número, peso y volumen de nódulos), peso de materia seca de la parte aérea de la planta, porcentaje de nitrógeno total del follaje y rendimiento de grano. A cada variable se le efectuó un análisis de varianza y los valores de significancia obtenidos se detallan para cada variable en el cuadro 1.

Cuadro 1. Cuadro resumen de los resultados de significancia obtenidos de los análisis de varianza efectuados a cada variable.

VARIABLE	VALOR DE SIGNIFICANCIA ESTADISTICA EN EL ANALISIS DE VARIANZA
No. de nódulos 9 días	Valor de significancia NS
No. de nódulos 14 días	Valor de significancia **, *
No. de nódulos 28 días	Valor de significancia **, *
No. de nódulos 56 días	Valor de significancia NS
Peso de nódulos 56 días	Valor de significancia *
Volumen de nódulos 56 días	Valor de significancia NS
Peso de materia seca 56 días	Valor de significancia **, *
Porcentaje de nitrógeno total 56 días	Valor de significancia NS
Rendimiento de grano	Valor de significancia *

* = Significativo al 5%

** = Significativo al 1%

NS = No significativo

El procedimiento de análisis estadístico entre medias de tratamiento, muestra que así como en algunas variables no existieron diferencias, en otras sí las hubieron, tanto al 1% como al 5%, los resultados se muestran en los cuadros del 2 al 11, en ellos aparecen agrupadas las medias de acuerdo al comparador de Tukey, en aquellas en que el análisis de varianza mostró valor de significancia.

C. RESPUESTA A LA NODULACION

La respuesta obtenida tanto de las plantas noduladas, así como el número, peso y volumen de los nódulos a lo largo del desarrollo de la planta, está contenido en los cuadros del 2 al 7. Se observa que a los 9

días ninguna planta había manifestado la presencia de nódulos posiblemente por su corta edad y la dificultad de observar a simple vista, el inicio de la infección de Rizobium, pero a los escasos 14 días de siembra o sea 9 días después de germinadas, se pudo notar que en todas las cepas inoculadas y el testigo sin nitrógeno presentaban entre el 90 y 100% de nodulación, pero no sucedió lo mismo en el tratamiento con 100 kg/ha de nitrógeno que solo mostró 10% de plantas noduladas, esta situación ha sido ampliamente provada por otros investigadores (15), quienes han observado que cuando la planta es proveida de nitrógeno mineral, nodula poco o no lo hace.

Cuadro 2. Promedio de tratamientos comparados de la variable número de plantas noduladas a los 9 días de la siembra (muestra de 5 plantas)

TRATAMIENTO	PROMEDIO DE 5 PLANTAS
Cepa CIAT 166	0
Cepa CIAT 151	0
Cepa CIAT 899	0
Testigo	0
Cepa CIAT 632	0
100 kg/ha nitrógeno	0

Cuadro 3. Promedio de tratamientos comparados de la variable número de plantas noduladas a los 14 días de la siembra (muestra de 5 plantas).

TRATAMIENTO	PROMEDIO DE 5 PLANTAS
Cepa CIAT 166	5.00 a
Cepa CIAT 151	5.00 a
Cepa CIAT 899	5.00 a
Testigo	5.00 a
Cepa CIAT 632	4.50 a
100 kg/ha nitrógeno	0.50 b

Transcurridos unos días más (28 días de la siembra), se observó de nuevo el número, patrón de distribución nodular, color y tamaño de los nódulos de cada tratamiento y la observación efectuada mostró lo siguiente: el número de los nódulos de las cepas evaluadas y el testigo no fue diferente (ver cuadro 4), pero en su orden las características de nodulación en un rango de más a menos fue así: cepa CIAT 151, CIAT 166, -- CIAT 899, el testigo, la cepa CIAT 632 y el tratamiento con 100 kg/ha de nitrógeno. (ver cuadro 5).

Cuadro 4. Promedio de tratamientos comparados en la variable número de nódulos por planta a los 28 días de la siembra (muestra de 5 plantas.

TRATAMIENTO	PROMEDIO POR PLANTA	
Cepa CIAT 151	95.10	a
Cepa CIAT 166	66.35	a b
Cepa CIAT 899	63.55	a b
Testigo	52.85	a b
Cepa CIAT 632	51.75	a b
100 kg/ha nitrógeno	22.20	b

Cuadro 5. Características de distribución, color y tamaño de nódulos - en las raíces de las plantas de frijol negro variedad Quinakché a los 28 días de siembra (muestra de 5 plantas.

TRATAMIENTO	PATRON DE DISTRIBUCION RADICAL	COLOR	TAMAÑO APROXIMADO DE LOS NODULOS
CIAT 151	Raíz principal	Rosado	Muy grandes a medianos 5 a 3 mm
CIAT 166	Raíces principales	Rosado	Muy grandes a pequeños 5 a 2 mm
CIAT 899	Raíces principales	Rosado	Grandes a medianos 4 a 3 mm
Testigo	Raíces principales	Rosado	Grandes a medianos 4 a 3 mm
CIAT 632	Dispersos en la raíz	Rosado	Medianos a pequeños 3 a 2 mm
100 kg/ha Nitrógeno	Dispersos en la raíz	Blancos	Muy pequeños 1 mm

Esto muestra que aunque no existieron diferencias muy marcadas en el análisis estadístico (cuadro 4), la tendencia observada en cuanto a los valores numéricos y características de los nódulos correspondía a aspectos que han sido evaluados como favorables para la fijación biológica del nitrógeno (cuadro 5).

En la época de floración o sea a los 56 días de siembra se efectuó una tercera observación del desarrollo nodular más en esta fecha se ligaron varios aspectos cuantificables en la misma, como es el peso y volumen de los nódulos ya que es la época que se ha considerado la más significativa para evaluar el resultado de una buena relación simbiótica y la cual la planta manifiesta su máximo desarrollo.

Los resultados presentes en los cuadro 6, 7 y 8, muestran volores promedio del número, peso y volumen de nódulos en cada tratamiento.

El promedio del número de nódulos presentados en el cuadro 6, no muestra diferencias estadísticas entre medias de tratamiento, probablemente debido a lo expuesto en el párrafo anterior, pero en el cuadro 7, donde se muestra el promedio de los pesos de nódulos se ve que las cepas inoculadas y el testigo sin nitrógeno forman un grupo diferente al tratamiento con 100 kg de nitrógeno por hectárea.

En el cuadro 8, se presenta el promedio del volumen de nódulos que cada tratamiento arrojó, se puede ver que de nuevo no existe diferencia entre tratamientos, esta situación da como resultado la necesidad de establecer un comentario, el cual se inicia tomando como base los coeficientes de variación que se presentan en los análisis estadísticos de este tipo de variables (ver ANDEVAS en anexo), que para su obtención están sometidas a mucho error humano en la extracción y limpieza de raíces en el campo, ahora bién observaciones visuales del comportamiento y desarrollo de las plantas evaluadas en base del peso de su biomasa y rendimiento de grano, reflejan objetivamente que aquellas plantas que en promedio nodulan mejor, rinden mejor, este aspecto será discutido en el próximo párrafo, pero antes de ello vale hacer notar que el orden en que las cepas rindieron de más a menos número, peso y volumen de nódulos fue el siguiente: CIAT 151, Testigo, CIAT 899, CIAT 166, CIAT 632 y por último el tratamiento con 100 kg/ha de nitrógeno, lo que ya puede ser un indicador del comportamiento a esperarse de la planta.

Cuadro 6. Promedio de tratamientos comparados en la variable número promedio de nódulos de 10 plantas a los 56 días de la siembra.

TRATAMIENTO	PROMEDIO DE PLANTAS
CEPA CIAT 151	1092
Testigo	888
CEPA CIAT 899	755.50
CEPA CIAT 166	694.80
CEPA CIAT 632	643.80
100 kg/ha nitrógeno	475.50

Cuadro 7. Promedio de tratamientos comparados de la variable peso promedio de nódulos de 10 plantas a los 56 días de la siembra.

TRATAMIENTO	GRAMOS	
Cepa CIAT 151	9.30	a
Testigo	8.60	a
Cepa CIAT 899	7.23	a b
Cepa CIAT 166	6.48	a b
Cepa CIAT 632	6.43	a b
100 kg/ha nitrógeno	4.00	b

Cuadro 8. Promedio de tratamientos comparados de la variable volumen promedio de nódulos de 10 plantas a los 56 días de siembra.

TRATAMIENTO	CENTIMETROS CUBICOS
Cepa CIAT 151	17.90
Testigo	16.00
Cepa CIAT 166	13.40
Cepa CIAT 899	13.30
Cepa CIAT 632	11.50
100 kg/ha nitrógeno	8.60

D. RESPUESTA DE LA PLANTA A LOS TRATAMIENTOS

Esta fue medida de 3 maneras, evaluando la biomasa producida, la cantidad de nitrógeno presente en la planta y el rendimiento de grano. Las tres variables son dependientes de la sustentación de la planta en un -

sustrato adecuado, mismo que fue proveído a la planta, con una adición extra de Ca y Mg, P y K dejando como factor limitante el nitrógeno que dependería solo del resultado de fijación atmosférica por las bacterias. Los cuadros 9, 10 y 11 muestran estos resultados.

La biomasa expresada como peso de materia seca de la parte aérea de la planta, se presenta en el cuadro 9 y puede verse que los tratamientos con mejor respuesta fueron: 100 kg/ha de nitrógeno, la cepa CIAT 166 y CIAT 151, aunque existe un traslape de respuesta de las 2 cepas mencionadas con el resto de tratamientos.

Los resultados son estadísticamente buenos, pues se establece que la eficiencia de las cepas inoculadas y la nativa del suelo (testigo), son suficientemente competitivos en este suelo para proveer a la planta del nitrógeno necesario para su crecimiento, hecho que se demuestra en el cuadro 10, en el que se presentan las medias del contenido de nitrógeno y en el cuadro 11, las del rendimiento de grano, estos últimos con valores considerables de producción que van desde los 2213.6 a 1827.1 kg/ha y en los que no fue el tratamiento con 100 kg/ha de nitrógeno el primero, sino la bacteria nativa y la cepa 151 que desde el principio manifestó un buen comportamiento sin menosprecio de las otras cepas, que de antemano fueron seleccionadas por su competitividad y eficiencia en ensayos anteriores.

Cuadro 9. Promedio de tratamientos comparados de la variable peso de materia seca de la parte aérea de 10 plantas muestreadas a los 56 días de la siembra.

TRATAMIENTOS	GRAMOS DE MATERIA SECA	
100 kg/ha nitrógeno	64.70	a
Cepa CIAT 166	52.90	a b
Cepa CIAT 151	52.50	a b
Cepa CIAT 899	44.80	b
Cepa CIAT 632	44.20	b
Testigo	42.90	b

Cuadro 10. Promedio de tratamientos comparados de la variable porcentaje de nitrógeno contenido en el follaje a los 56 días de la siembra (muestra de 10 plantas)

TRATAMIENTOS	% DE NITROGENO
100 kg/ha nitrógeno	2.85
Cepa CIAT 151	2.82
Cepa CIAT 632	2.72
Cepa CIAT 166	2.71
Cepa CIAT 899	2.66
Testigo	2.55

Cuadro 11. Promedio de tratamientos comparados de la variable rendimiento de grano a los 140 días de la siembra con 14% de humedad.

TRATAMIENTO	g/6m ²	kg/ha	
Testigo	1328.21	2213.6	a
Cepa CIAT 151	1310.70	2184.5	a
100 kg/ha nitrógeno	1269.68	2116.1	a
Cepa CIAT 166	1144.73	1907.8	a
Cepa CIAT 899	1128.02	1880	a
Cepa CIAT 632	1096.27	1827.1	a



VII. CONCLUSIONES

1. La hipótesis planteada se confirma al establecer que no se marcaron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de fijar nitrógeno entre las cepas evaluadas y la capa nativa del suelo.
2. La variedad de frijol Quinak-ché, manifestó buena respuesta a la nodulación con la cepa CIAT 151.
3. El porcentaje de nitrógeno total en la biomasa de la parte aérea de las plantas de frijol de la variedad Quinak-ché no varió con ningún tratamiento, ya que tanto las cepas inoculadas como la nativa (testigo), se comportaron igual al tratamiento con fertilización de 100 kg/ha de nitrógeno.
4. Los rendimientos de grano obtenidos con la inoculación de las cepas seleccionadas en comparación con la cepa nativa (sin inocular), fueron estadísticamente iguales con el tratamiento de 100 kg/ha de nitrógeno, - aunque objetivamente estos rendimientos fueron superados por la cepa nativa y la cepa CIAT 151.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar el comportamiento de las cepas evaluadas en otras variedades de frijol en un diseño similar al de este experimento utilizando otros suelos.
2. Efectuar evaluaciones de inoculación en parcelas de mayor extensión con agricultores de la región donde se efectuó la investigación con la variedad Quinak-ché.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA MEJIA, R.G. s.f. La fijación de nitrógeno atmosférico por Rhizobium, su importancia y alternativas para Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 14 p.
2. ALAIDES, P.R. 1980. Curso sobre leguminosas y Rhizobium. Brasil, - Centro de Energía Nuclear de Agricultura. 10 p.
3. CASAS, C.C. 1982. Fijación biológica de nitrógeno. México, Mirgen. Boletín informativo no. 2. 25 p.
4. COCHRAN, W.G.; COX, G.M. 1981. Diseños experimentales. México, Tri-- llas. 661 p.
5. DANSO, S.K.; ESKEW, D.L. 1980. Aumento de la capacidad de fijación -- biológica de nitrógeno. México, Comen. Boletín informativo no. 26. p. 2.
6. DEVLIN, R.M. 1980. Fisiología vegetal. 3 ed. España, Omega. 328 p.
7. GRAHAN, P.H. 1980. Importancia del hospedero en la nodulación y fija-- ción de nitrógeno por leguminosas con algunas sugerencias para mejo-- rarlas. Colombia, CIAT. 26 p.
8. HOLDRIDGE, L.R. 1959. Mapa ecológico de Guatemala. San José, Costa - Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 215 p,
9. KOLLING, J. 1979. Avalcao da nodulacao en leguminosas. Porto Alegre, Brasil, Secretaría de Agricultura. 12 p.
10. _____. 1980. Técnicas de inoculacao de nodulacao. Porto Alegre, - Brasil, Secretaría de Agricultura. 14 p.
11. LIMA R., J.R. 1986. Estudio de 100 líneas de Phaseolus vulgaris en el valle de Guatemala con el fin de seleccionar materiales con buenas características de fijación de nitrógeno atmosférico. Tesis Ing. - Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad - de Agronomía. 42 p.
12. MENDEZ BARRIOS, J.C. 1982. Evaluación en Guatemala de nueve cepas de Rhizobium phaseoli, seleccionadas para pruebas internacionales de - fijación de nitrógeno atmosférico en frijol. Tesis Ing. Agr. Gua-- temala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agrono-- mía. 44 p.
13. MICROBIOLOGICAL RESQUERCES CENTER BRASIL. 1980. Morfología e bioquími-- ca do Rhizobium. Brasil, Mirgen. v. 4, 26 p.

- 14., MORALES, V.M.; HUBELL, D.H. 1978. Avances recientes en el proceso de infección de las leguminosas por Rhizobium. Brasil, Secretaría de Agricultura. 30 p.
15. LA ROSA LA ROSA, J.; OMOROS DELGADO, O. 1982. Efecto de la fertilización nitrogenada y de la inoculación de Azotobacter y Rhizobium phaseoli en el rendimiento y contenido de nitrógeno de frijol. Perú, Relar. p. 110.
16. SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
17. VELASQUEZ G., P.E. 1983. Estudio en frijol del daño causado a la nodulación de Rhizobium phaseoli con niveles de encalado al suelo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, - Facultad de Agronomía. 48 p.

Vo. Bo.
Patricia



IX. ANEXO

Cuadro 12. Número de plantas de Phaseolus vulgaris L., noduladas 9 días después de la siembra de una muestra de 5 por unidad experimental.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	\bar{x}
	I	II	III	IV		
CIAT 632	0	0	0	0	0	0
CIAT 166	0	0	0	0	0	0
CIAT 151	0	0	0	0	0	0
CIAT 899	0	0	0	0	0	0
Testigo	0	0	0	0	0	0
100 kg/ha nitrógeno	0	0	0	0	0	0

Cuadro 13. Número de plantas de Phaseolus vulgaris L., noduladas 14 días después de la siembra de una muestra de 5 por unidad experimental.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	\bar{x}
	I	II	III	IV		
CIAT 632	4	5	5	4	18	4.5
CIAT 166	5	5	5	5	20	5
CIAT 151	5	5	5	5	20	5
CIAT 899	5	5	5	5	20	5
Testigo	5	5	5	5	20	5
100 kg/ha nitrógeno	1	0	1	0	2	0.5

Cuadro 14. Número de nódulos por planta obtenida a los 28 días después de la siembra (promedio de 5 plantas).

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	\bar{x}
	I	II	III	IV		
CIAT 632	66.4	32	66.4	42.4	207	51.75
CIAT 166	40.6	102.6	76.4	45.8	265.4	66.35
CIAT 151	115	95	81.4	89	380.4	95.1
CIAT 899	52.6	103	60.4	38.2	254.2	63.55
Testigo	72.4	44.6	36	58.4	211.4	52.85
100 kg/ha nitrógeno	29.2	20.4	29.4	9.8	88.8	22.2

Cuadro 15. Número de nódulos de 10 plantas de Phaseolus vulgaris L. obtenidos de cada parcela, a los 56 días después de la siembra.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	\bar{x}
	I	II	III	IV		
CIAT 632	884	416	550	725	2575	643.8
CIAT 166	872	644	670	593	2779	694.8
CIAT 151	761	1551	900	1156	4368	1092
CIAT 899	623	954	465	980	3022	755.5
Testigo	549	1414	606	983	3552	888
100 kg/ha nitrógeno	390	450	175	887	1902	475.5

Cuadro 16. Peso de nódulos expresado en gramos de 10 plantas de Phaseolus vulgaris L., obtenidos a los 56 días después de la siembra.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	\bar{x}
	I	II	III	IV		
CIAT 632	7.6	3.9	6.2	8	25.7	6.43
CIAT 166	6.6	6.5	7.2	5.6	25.9	6.48
CIAT 151	6.8	11.3	9.1	11	37.2	9.3
CIAT 899	5.3	9.5	4.4	9.7	28.9	7.23
Testigo	5	9.5	8	11.9	34.4	8.6
100 kg/ha nitrógeno	2.7	3.7	1.7	7.9	16	4

Cuadro 17. Volumen relativo de nódulos expresado en centímetros cúbicos de 10 plantas de Phaseolus vulgaris L., a los 56 días después de la siembra.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	\bar{x}
	I	II	III	IV		
CIAT 632	14	8	11	13	46	11.5
CIAT 166	14	14	14	11.5	53.5	13.4
CIAT 151	10.5	24.5	19	17.5	71.5	17.9
CIAT 899	10	16.5	8.5	18	53	13.3
Testigo	9.5	20	15	19.5	64	16
100 kg/ha nitrógeno	7	8.5	3	16	34.5	8.6



Cuadro 18. Peso de materia seca expresado en gramos de la parte aérea de plantas de Phaseolus vulgaris L., cosechadas a los 56 días después de la siembra (promedio de 10 plantas).

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV		
CIAT 632	42.7	42.7	46.7	44.7	176.7	44.2
CIAT 166	43.6	52.9	59	56.1	211.6	52.9
CIAT 151	42.7	62.5	62.3	42.3	209.8	52.5
CIAT 899	40.6	47.3	47.2	44	179.1	44.8
Testigo	42.5	42.3	47	39.8	171.6	42.9
100 kg/ha nitrógeno	61.6	50.8	76.2	70.3	258.9	64.7

Cuadro 19. Datos expresados en porcentaje (%) de nitrógeno presente en muestra de Phaseolus vulgaris L., cosechados a los 56 días después de la siembra y analizados por el método Kjeldhal.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV		
CIAT 632	2.88	2.63	2.81	2.57	10.89	2.72
CIAT 166	2.54	2.81	2.81	2.69	10.85	2.71
CIAT 151	2.94	3.0	2.57	2.75	11.26	2.82
CIAT 899	2.69	2.57	2.75	2.63	10.64	2.66
Testigo	2.81	2.57	2.57	2.26	10.21	2.55
100 kg/ha nitrógeno	2.94	2.81	2.75	2.88	11.38	2.85

Cuadro 20. Rendimiento de grano con 14% de humedad por parcela (1.5 c 4 = 6 m²).

TRATAMIENTO	REPETICIONES				TOTAL	\bar{x}
	I	II	III	IV		
CIAT 632	1243.09	1065.73	1114.86	961.38	4385.06	1096.27
CIAT 166	1169.82	1198.75	1153.22	1057.14	4578.93	1144.73
CIAT 151	1394.26	1167.95	1350.54	1330.03	5242.78	1310.70
CIAT 899	1375.96	1063.02	1081.59	991.51	4512.08	1128.02
Testigo	1318.82	1370.37	1539.94	1083.71	5312.84	1328.21
100 kg/ha N	1350.99	1244.99	1168.69	1314.04	5078.71	1269.68

Cuadro 21. Análisis de varianza efectuados a los diferentes parámetros en el experimento.

Cuadro 21A. ANDEVA del número de plantas de Phaseolus vulgaris L. nodulados 14 días después de la siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft	
					0.05	0.01
Bloque	3	0.3333	0.111	1.000		2.56 **
Tratamiento	5	65.3333	13.067	117.601	2.9 *	
Error	15	1.6666	0.111			
Total	23	67.3333				

* = Significativo al 5%

** = Significativo al 1%

CV = 8%.

Cuadro 21B. ANDEVA del número de nódulos de Rhizobium en plantas de Phaseolus vulgaris L., noduladas 28 días después de la siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft	
					0.05	0.01
Bloque	3	1229.1250	409.708	0.999		4.56 **
Tratamiento	5	11287.0000	2257.400	5.502	2.9 *	
Error	15	6154.3130	410.288			
Total	23	18670.4400				

* = Significativo al 5%

** = Significativo al 1%

CV = 34.54%.

Cuadro 21C. ANDEVA del número de nódulos promedio de 10 plantas de Phaseolus vulgaris L., a los 56 días después de la siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft	
					0.05	0.01
Bloque	3	499236.00	166412.00	2.570		4.56 NS
Tratamiento	5	901288.00	180257.60	2.783	2.9 NS	
Error	15	971393.00	64759.54			
Total	23	2371917.00				

NS = No significativo

CV = 33.56%.

Cuadro 21D. ANDEVA del peso de nódulos promedio de 10 plantas de Phaseolus vulgaris L., 56 días después de la siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft	
					0.05	0.01
Bloque	3	43.721680	14.574	3.812		4.56
Tratamiento	5	70.027470	14.005	3.664	2.9 *	
Error	15	57.340820	3.823			
Total	23	171.090000				

* = Significativo al 5%

CV = 27.91%.

Cuadro 21E. ANDEVA del volumen de nódulos promedio de 10 plantas de Phaseolus vulgaris L., 56 días después de la siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft	
					0.05	0.01
Bloque	3	114.3648	38.122	2.408		4.56 ns
Tratamiento	5	212.8438	42.569	2.689	2.9 NS	
Error	15	237.4478	15.830			
Total	23	564.6563				

NS = No significativo

CV = 29.61%.

Cuadro 21F. ANDEVA del peso promedio de 10 plantas de materia seca de la parte aérea de plantas de Phaseolus vulgaris L., 56 días después de la siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft	
					0.05	0.01
Bloque	3	361.1445	120.382	2.990		4.56 **
Tratamiento	5	1369.0510	273.810	6.802	2.9 *	
Error	15	603.8594	40.257			
Total	23	2334.0550				

* = Significativo al 5%

** = Significativo al 1%

CV = 12.61%.



Cuadro 21G. ANDEVA del porcentaje de nitrógeno total presente en la parte aérea de plantas de Phaseolus vulgaris L., 56 días después de la siembra

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft	
					0.05	0.01
Bloque	3	0.0883	0.029	1.337		4.56
Tratamiento	5	0.2254	0.045	2.047	2.9 NS	
Error	15	0.3303	0.022			
Total	23	0.6440				

NS = No significativo

CV = 5.46%.

Cuadro 21H. ANDEVA del rendimiento de grano con 14% de humedad de plantas de Phaseolus vulgaris L.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft	
					0.05	0.01
Bloque	3	111240.00	37080.00	3.043		4.56
Tratamiento	5	206156.00	41231.20	3.384	2.9 *	
Error	15	182756.00	12183.73			
Total	23	500152.00				

* = Significativo al 5%

CV = 9.10%.



LA TESIS TITULADA: EVALUACION DE LA FIJACION DE NITROGENO DE CUATRO CEPAS DE Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli EN LA VARIEDAD DE FRIJOL QUINAK-CHE.

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: HECTOR DE JESUS CARRILLO FABIAN.

CARNET No. 51606

HA SIDO EVALUADA POR LOS INGENIEROS ARTURO LOPEZ Y LUIS ORTIZ.

EL ASESOR Y AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA HACEN CONSTAR QUE HA CUMPLIDO CON LAS NORMAS UNIVERSITARIAS Y REGLAMENTOS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

Rolando Aguilera

Ing. Agr. Rolando Aguilera
 ASESOR

Hugo Tobias

Vo.Bo. Ing. Agr. Hugo Tobias
 DIRECTOR IIA



IMPRIMASE :

Anibal Martínez

Ing. Agr. Anibal Martínez
 DECANO



HT/dydea

