

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE 4 CEPAS DE Rhizobium phaseoli
EN FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.)EN PRUEBAS
CRUZADAS, MARIN, N. L. CICLO TARDIO DE 1986

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

ROMAN RIGOBERTO GARZA INFANTE

MARIN, N. L.

JULIO DE 1987

TL

SB327

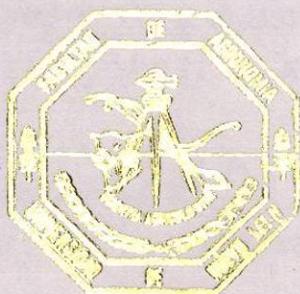
G372

c.1



1080062458

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE 4 CEPAS DE Rhizobium phaseoli
EN FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.) EN PRUEBAS
CRUZADAS. MARIN, N. L. CICLO TARDIO DE 1986

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

ROMAN RIGOBERTO GARZA INFANTE

MARIN, N. L.

JULIO DE 1987

004941

T/
SB 327
.G372
E.S. B

040.635
FA7
1987
C.5



ESTA TESIS FUE REALIZADA EN EL PROYECTO DE INVESTIGACION:
"FIJACION BIOLOGICA DE NITROGENO" DEL CENTRO DE INVESTIGA
CIONES AGROPECUARIAS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNI
VERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON (CIA-FAUANL), SIENDO APRO-
BADA POR EL COMITE SUPERVISOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR POR EL GRADO DE: INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

"Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseo
lus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L., Ciclo
Tardío de 1986".

ELABORADA POR:

ROMÁN RIGOBERTO GARZA INFANTE

COMISION REVISORA:

PRESIDENTE:

ING. RONALD J. LECEA JUAREZ

SECRETARIO:

ING. M.C. MAURO RODRIGUEZ CABRERA

VOCAL:

ING. M.C. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL

DEDICATORIAS

A DIOS NUESTRO SEÑOR.

A MIS PADRES:

Sr. Román Garza Rivera
Sra. María A. Infante de Garza

Que me han brindado todo su apoyo y cariño, con sólo pedirme dedicación y esmero.

A MIS HERMANOS:

Santiago Román
Rosa Elia
José Luis
Erasmus
Margarito
Angel Mario
Felicitas Guadalupe

Quienes hicieron posible con su impulso e incondicional ayuda la realización de tan anhelada meta.

A LA MEMORIA DE MI ABUELITA Y MI TIO:

Sra. Felicitas Luna de Infante
Sr. Antonio Infante Luna

A quienes recuerdo con cariño

A MIS CUÑADAS (OS):

Ventura

Ramiro

Ma. Teresa del Niño Jesús

Margarita

María de Jesús

María Ines

Mi más sincero agradecimiento.

A TODOS MIS FAMILIARES Y AMISTADES:

Con cariño, por el apoyo que me dieron para seguir adelante.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:

Por toda su ayuda y los momentos inolvidables que compartimos, hasta siempre.

ESPECIALMENTE A MI HERMANO:

Sr. Margarito Garza Infante

Quien siempre ha constituido para mí
un ejemplo, así como una fuente de
consejos y ayuda.

Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Ronald J. Lecea Juárez

Por la oportunidad brindada, así como su valiosa ayuda y asesoramiento en la realización de la presente inves-
tigación.

A los Maestros:

Ing. M.C. Francisco Rodríguez Esquivel

Ing. M.C. Mauro Rodríguez Cabrera

Por su ayuda en la revisión del presente trabajo y su amistad brindada a lo largo de la carrera.

A mi Escuela y Maestros

A TODOS GRACIAS.

I N D I C E

	Página
I. INTRODUCCION.	1
II. LITERATURA REVISADA.	4
2.1. Breve historia.	4
2.2. Importancia del cultivo del frijol.	5
2.3. Origen.	6
2.4. Clasificación taxonómica del frijol.	6
2.5. Clasificación cariosistemática.	7
2.6. Descripción botánica del frijol.	7
2.7. Exigencias ecológicas generales para el cultivo.	10
2.7.1. Clima.	10
2.7.2. Fotoperíodo.	11
2.7.3. Humedad.	11
2.7.4. Suelos.	12
2.8. El Nitrógeno	12
2.8.1. Ciclo del nitrógeno.	13
2.8.2. Mineralización.	13
2.8.3. Amonificación.	14
2.8.4. Nitrificación.	15
2.8.5. Desnitrificación.	16
2.9. Conocimientos generales sobre la bacteria <u>Rhizobium</u> sp.	17

2.9.1. Descripción del <u>Rhizobium</u>	17
2.9.2. Taxonomía.	18
2.9.3. Ciclo de vida.	18
2.9.4. Clasificación del <u>Rhizobium</u>	19
2.10. Fijación simbiótica de nitrógeno.	20
2.10.1. Relación leguminosa-bacteria.	20
2.10.2. Infección y formación del nódulo	21
2.10.3. Nodulación eficiente e ineficiente.	23
2.11. Factores que afectan la nodulación y la fijación de nitrógeno.	25
2.11.1. Factores físicos.	25
2.11.2. Factores nutricionales.	28
2.11.3. Factores biológicos.	31
2.12. Trabajos afines.	32
III. MATERIALES Y METODOS.	36
3.1. Localización del sitio experimental.	36
3.2. Características edáficas y climáticas del sitio experimental.	36
3.3. Características agronómicas de la variedad Selección #4.	37
3.4. Materiales utilizados.	38
3.5. Descripción del diseño experimental.	38
3.6. Preparación del terreno.	40
3.7. Inoculación de la semilla.	41
3.8. Siembra.	42

	Página
3.9. Labores de cultivo.	42
3.10. Riegos.	43
3.11. Cosecha.	43
3.12. Muestreo del suelo.	44
3.13. Variables estudiadas.	44
3.14. Análisis de varianza.	46
IV. RESULTADOS.	47
V. DISCUSION.	49
VI. CONCLUSIONES.	52
VII. RECOMENDACIONES.	54
VIII. RESUMEN.	55
IX. BIBLIOGRAFIA.	58
X. APENDICE.	63

INDICE DE FIGURAS, TABLAS Y CUADROS

Figura	Descripción	Página
1.	Características principales del ciclo del nitrógeno.	64
2	Ciclo de <u>Rhizobium leguminosarum</u> mostrando su plemorfismo.	65
3	Etapas de la infección y desarrollo de los nódulos radiculares.	66
4	Croquis de las dimensiones y distribución aleatoria de los tratamientos en el campo. Diseño bloques completos al azar. Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.), en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	67
Tabla		
1	Clasificación de los grupos de inoculación de las asociaciones <u>Rhizobium</u> -leguminosas.	68
2	Características físico-químicas del terreno experimental. Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	69

Tabla	Descripción	Página
3	Datos de temperaturas máximas, mínimas y medias en °C, registradas en los meses de Agosto a Diciembre de 1986.	70
4	Datos de precipitación en mm registrada en los meses de Agosto a Diciembre de 1986.	70
5	Determinación del nitrógeno de la planta. Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	79
6	Cálculo del nitrógeno consumido por la planta del suelo. Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	80
7	Determinación del nitrógeno fijado por la planta. Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	81
8	Determinación del nitrógeno disponible para el siguiente ciclo. Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	82

Cuadro	Descripción	Página
1	Concentración de datos para peso de la planta (g): Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	71
2	Análisis de varianza para peso de planta (g). Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986. . .	71
3	Concentración de datos para peso de las vainas con grano (g). Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	72
4	Análisis de varianza para peso de vainas con grano (g). Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	72
5	Concentración de datos para peso de los granos (g). Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	73

Cuadro	Descripción	Página
6	Análisis de varianza para peso de los granos (g). Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	73
7	Concentración de datos para número de vainas por planta. Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	74
8	Análisis de varianza para número de vainas por planta. Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	74
9	Concentración de datos para número de granos por vaina. Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	75
10	Análisis de varianza para número de granos por vaina. Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	75

- | | | |
|----|---|----|
| 11 | Concentración de datos para número de granos por planta. Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986. | 76 |
| 12 | Análisis de varianza para número de granos por planta. Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986. | 76 |
| 13 | Concentración de datos para altura de planta (cm). Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986. . . | 77 |
| 14 | Análisis de varianza para altura de planta (cm) Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986. | 77 |
| 15 | Concentración de datos para la determinación del nitrógeno total acumulado. Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986. | 78 |

Cuadro	Descripción	Página
16	Análisis de varianza para la determinación del nitrógeno total acumulado. Evaluación de 4 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.	78

INTRODUCCION

El papel del frijol en la alimentación del pueblo mexicano es muy importante, ya que constituye para éste uno de sus alimentos básicos por la tradición de su cultivo y por su riqueza en proteínas e hidratos de carbono.

El cultivo del frijol se practica en toda la República Mexicana; sin embargo, existen regiones que destacan por la superficie destinada a su producción y por la cantidad de grano que aportan al consumo nacional; tal es el caso de los estados de Zacatecas, Durango, Chihuahua, Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Tamaulipas. Como cultivo básico de grano alimenticio, el frijol sigue teniendo un lugar importante, por lo que ha sido necesario que cada vez se abran nuevas áreas a la siembra de esta semilla.

El continuo agotamiento de las fuentes de Nitrógeno del suelo y la necesidad de producciones más altas en los cultivos, ha dado lugar a un creciente interés para conservar la reserva limitada del elemento. A causa de que sólo una fracción de la necesidad total de Nitrógeno para la agricultura proviene de fertilizantes naturales y sintéticos, la porción sobrante debe satisfacerse a partir de las reservas del suelo y a través de la fijación biológica del nitrógeno atmosférico.

Un aspecto muy importante en este cultivo, dada la gran superficie que se siembra anualmente y observándolo desde el punto de vista de la deficiencia de nitrógeno en los suelos, se

considera de gran interés el estudiar la fijación simbiótica de nitrógeno por el Rhizobium phaseoli de los inoculantes comerciales, con las diferentes variedades de frijol que se usan en las siembras y en las distintas condiciones de suelo.

La fijación biológica del nitrógeno no es la solución panceica a este problema que aqueja a todos los cultivos a nivel mundial y particularmente, en el ámbito local estatal, pero sí es la mejor alternativa para atacar dicho problema, ya que presenta ventajas considerables con respecto a las fertilizaciones químicas, por ejem: es más barato, reduciendo así los costos y aumentando ganancias; no causa efectos colaterales como disturbios ecológicos en el suelo; no es contaminante; disminuye el nivel natural de enfermedades y utiliza además una fuente de nitrógeno casi inagotable que es el nitrógeno atmosférico; ya que se encuentra en concentración de un 78% en la atmósfera.

El presente trabajo forma parte de una línea de investigación dentro del proyecto de Fijación Biológica de Nitrógeno de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Los objetivos planteados en esta investigación son los siguientes:

1. Determinar el comportamiento de la bacteria Rhizobium phaseoli bajo condiciones de riego, respecto al rendimiento.
2. Evaluar el nitrógeno total acumulado y nitrógeno disponi-

ble para el siguiente ciclo agrícola.

De acuerdo a los objetivos, la hipótesis de la investigación es la siguiente:

- Existe diferencia entre las cepas de Rhizobium phaseoli para el frijol en cuanto a peso de la planta, peso de las vainas con grano, peso de los granos (rendimiento), número de vainas por planta, número de granos por vaina, número de granos por planta, altura de planta, y nitrógeno de la parte aérea.

II. LITERATURA REVISADA

2.1. Breve historia

El descubrimiento del proceso de fijación biológica del nitrógeno atmosférico, al cual también se le ha llamado "proceso de haber biológico" data del Siglo XIX.

Boussingault, en 1838 haciendo experimentos en suelos no abonados, demostró que había ganancia de N_2 con los cultivos de leguminosas y no con las gramíneas; sostuvo además, que el N_2 del aire es el que ejerce la acción fertilizante y por último, relacionó la utilización del N_2 con los microorganismos pues observó que en el suelo calentado no aparecía esa utilización del N_2 .

Roy en 1851, demostró que el N_2 era aprovechado por las raíces de las leguminosas y no por sus hojas. Siete años más tarde Lechiman demostró la existencia de bacterias en los nódulos radiculares de las leguminosas y las consideró relacionadas con la fijación del nitrógeno.

Woronin comprobó que los nódulos contenían las bacterias y las consideró como alteraciones patológicas. Más tarde, en 1884-1886, Hellriegel y Wilfarth demostraron por fin, definitivamente que los nódulos se debían a la actividad de las bacterias y que eran benéficos puesto que en ellos se realizaba la fijación de nitrógeno; demostraron además que en ausencia de nódulos no había fijación de nitrógeno, ni tampoco en el suelo esterilizado experimentalmente.

Por último, fue Beijerinck quien en 1888 obtuvo en cultivo puro el primer germen relacionado con la fijación del nitrógeno que fue el organismo llamado por él, Bacillus radicicola. Esta bacteria se encuadra ahora en el género Rhizobium; demostró además, la capacidad de este germen para producir los nódulos para la inoculación artificial con cultivos puros (29).

2.2. Importancia del cultivo del frijol

El frijol es un cultivo muy importante a nivel mundial y muy especialmente en México, donde el grano constituye un artículo de producción y consumo esencial para la población de escasos recursos económicos. Después de Brasil, el país ocupa el segundo lugar en importancia, tanto por la superficie que se siembra como por la cantidad de grano consumido por persona anualmente (19.5 kg). Durante 1983 se produjeron 1.3 millones de toneladas en una superficie de alrededor de 2 millones de hectáreas distribuidas en todos los estados del país, ya que se cultivó desde el nivel del mar hasta los 2,400 m de altitud (31).

El frijol es una de las plantas con mayor calidad alimenticia que se conoce, además es una de las más aprovechadas, pues se comen sus flores, sus vainas frescas conocidas como ejotes, las semillas tiernas y desde luego, las secas que son parte muy importante de nuestra alimentación. La planta es buen forraje y abono, pues devuelve alimentos a la tierra y mejora su calidad (32).

2.3. Origen

El frijol llamado "etl" entre los antiguos mexicanos, era cultivado por éstos últimos desde la época anterior a la conquista. Los centros de origen de los diferentes tipos actuales de frijol han sido propuestos y discutidos por muchos autores (26).

La especie Phaseolus vulgaris L. fue considerada por Linnaeus (1753) como de origen asiático, señalando a la India como posible centro de diversificación. Posteriormente, De Candoille (1866) basado en los escritos sobre el cultivo de la leguminosa "Phasiolos" consideró que Phaseolus vulgaris L. procedía de Asia Occidental; poco después, modificó su opinión cuando Wittmack encontró en las excavaciones de Ancona, Perú semillas de Phaseolus vulgaris junto con semillas de Phaseolus lunatus por lo que consideró ahora a América del Sur como centro de diversificación. Más tarde, Vavilov, de acuerdo con Bucasov (1931) después de haber estudiado numerosas variedades de frijol, recolectadas en México, Guatemala, Colombia, Perú, Chile y Bolivia dedujeron que el área México-Guatemala era el centro de mayor diversificación de la especie Phaseolus vulgaris L. (20).

2.4. Clasificación Taxonómica del Frijol

El frijol común Phaseolus vulgaris L. se clasifica de la siguiente manera (10):

Orden:	Rosales
Familia:	Leguminosae
Subfamilia:	Papilionidae
Tribu:	Phaseoleae
Subtribu:	Phaseolineas
Género:	<u>Phaseolus</u>
Especie:	<u>vulgaris</u>

2.5. Clasificación Cariosistemática del Frijol

Karpechenko (1925), señala que las cuatro especies de frijol que se cultivan en México son: Phaseolus vulgaris, P. coccienus, P. lunatus y P. acutifolius, tienen un número somático de cromosomas de $2n = 22$ (25).

2.6. Descripción Botánica del Frijol

El frijol llamado también judía, alubia, frijol, habichuela, poroto, etc. es una planta herbácea y anual, cuyas numerosas variedades presentan las siguientes características morfológicas (26):

Raíz. El sistema radical está formado por la raíz primaria o principal que se desarrolla a partir de la radícula del embrión. Sobre ésta y en disposición en forma de corona en la parte alta, desarrollan las raíces secundarias, terciarias y otras subdivisiones. Aunque el sistema radicular presenta variación, en gene

ral se le considera como fibroso con amplio desarrollo de las raíces secundarias.

Tallo. El tallo joven es herbáceo y semileñoso al final del ciclo; es una sucesión de nudos y entrenudos donde se insertan las hojas y los diversos complejos axilares. El tallo o eje principal es de mayor diámetro que las ramas laterales, de color verde, rosa o morado, glabro o pubescente, determinado si termina en inflorescencia e indeterminado si su yema apical es vegetativa.

Ramas. Las ramas provienen de yemas localizadas en las axilas de las hojas, es decir, entre el tallo y la inserción de la hoja; pueden ser primarias si desarrollan del tallo principal, secundarias si desarrollan de una axila de una rama primaria y terciarias, si provienen de una rama secundaria.

Hojas. Son de dos tipos: simples y compuestas, insertadas a los nudos de tallos y ramas mediante el pecíolo. Los cotiledones constituyen el primer par de hojas (hojas seminales). El segundo par de hojas y primer par de hojas verdaderas, se desarrollan en el segundo nudo, son simples, opuestas y cordadas. A partir del tercer nudo, desarrollan las hojas compuestas, las cuales son alternas, de tres folíolos, un pecíolo y un raquis. El folíolo central es simétrico y acuminado y los dos laterales asimétricos y acuminados. Sobre el nudo a ambos lados del pecíolo, se localizan las estipulas.

Las hojas presentan variación en cuanto a tamaño, color y pilosidad; esta variación está relacionada con la variedad, con la posición de la hoja en la planta, con la edad y con las condiciones ambientales de luz y humedad.

Flores. Las flores del frijol desarrollan en una inflorescencia de racimo, la cual puede ser terminal como sucede en las variedades de hábito determinado o lateral en las indeterminadas. La inflorescencia consta de pedúnculo, raquis, brácteas y botones florales.

La flor es papilionada de simetría bilateral, pedicelada. El caliz es gamosépalo, campanulado, con cinco dientes triangulares. La corola es pentamera, con pétalos diferentes morfológicamente; el pétalo más grande se llama estandarte, es simétrico y glabro; los dos pétalos laterales reciben el nombre de alas; los dos pétalos restantes están soldados y forman la quilla, que es asimétrica, cerrada y en forma de espiral, la cual envuelve completamente a los estambres y pistilo. La corola puede ser blanca, rosada o de color púrpura.

La flor consta de 10 estambres, 9 de los cuales son adultos y están soldados por su base formando un tubo alrededor del ovario y un estambre libre llamado vexilar localizado frente al estandarte. El pistilo o gineceo es súpero, con estilo encurvado y de estigma lateral terminal.

Fruto. El fruto es el ovario desarrollado en forma de vaina con dos suturas que unen las dos valvas.

Las vainas generalmente son glabras, de epidermis cerosa y de color verde, rosado o púrpura, uniformes o con rayas, dehiscentes o indehiscentes. La dehiscencia se presenta en aquellas fibras fuertes y textura pergaminosa, en tanto que la indehiscencia en carnosas y sin fibras (propias para variedades ejoterías).

Semilla. La semilla proviene de un óvulo camilótropo, carece de endospermo y consta de testa y embrión. La testa se deriva de los tegumentos del óvulo y su función es la de proteger al embrión.

La semilla se une a la placenta a través del funículo, el cual deja una cicatriz denominada hilo o hilum; a un lado del hilo se localiza el micrópilo y al otro lado el rafe. La semilla de frijol presenta una amplia variación en tamaño, color y forma, dando origen así a numerosas variedades (18).

2.7. Exigencias Ecológicas Generales para el Cultivo

2.7.1. Clima

El frijol es una planta que prospera en todos los climas, de preferencia en los templados y ligeramente calurosos (32).

Las lluvias excesivas durante la floración, pueden provocar la caída de las flores (33).

Las temperaturas altas y en particular el tiempo muy seco, dificultan la fructificación, las semillas abortan y las vainas se deforman. Este cultivo no es tolerante a las heladas; los

rangos de temperatura en los cuales la planta de frijol se desarrolla mejor son los siguientes (11):

Temperatura máxima	27°C
Temperatura óptima	15-20°C
Temperatura mínima	10°C

La temperatura óptima de germinación es entre los 24 y 30°C (33).

2.7.2. Fotoperíodo

Las plantas de frijol se clasifican dentro de aquellas que requieren un fotoperíodo corto. Pero en general, al frijol común se le considera como insensible o neutro al fotoperíodo (24).

2.7.3. Humedad

Baileg 1961, citado por García y Martínez (1986), mencionan que las semillas de frijol requieren de un suelo húmedo para una buena germinación, además debe suministrarse agua durante los períodos críticos de desarrollo de la planta como lo son al principio de la floración y durante la formación de las primeras vainas. Se puede producir el cultivo del frijol bajo condiciones de temporal si existe una buena precipitación durante el ciclo vegetativo, tal como unos 600 mm o más, en lugares en donde no se alcanza deberá de recurrirse al riego (14).

2.7.4. Suelos

El frijol se cultiva en suelos cuya textura varía de franco-limosa a ligeramente arcillosa, pero tolera bien suelos franco-arcillosos.

Los suelos con un alto contenido de materia orgánica pueden favorecer un excesivo crecimiento vegetativo de la planta en perjuicio de su producción de semillas o vainas (33).

El cultivo del frijol crece bien en suelos con un pH entre los 5.6 a 6.5; con valores de pH superiores, la disponibilidad de hierro y otros nutrientes se hace menor, por lo que se presentan problemas con las plantas que se desarrollan en suelos alcalinos (24 y 32).

2.8. El Nitrógeno

El Nitrógeno es uno de los constituyentes principales de la materia viva, y es un nutriente esencial para los vegetales que lo asimilan en forma de iones nitrato y amonio. Es un elemento mundialmente deficiente en el suelo, ya que por lo general existe escasamente y es removido en grandes cantidades por los cultivos, además de perderse con facilidad en el suelo por lixiviación, erosión y volatilización.

En el suelo el Nitrógeno sufre una serie de reacciones bioquímicas sucesivas complejas reversibles y que en conjunto constituyen el llamado "ciclo del Nitrógeno", fenómeno que ha sido estudiado extensamente durante los últimos años, conociéndose mu

chos aspectos, pero no sabiéndose con certeza otros (13).

2.8.1. Ciclo del Nitrógeno

En todos los suelos existen al cabo del año considerables entradas y salidas de Nitrógeno acompañadas de muchas transformaciones complejas. Algunos de estos cambios pueden controlarse más o menos por el hombre, mientras otros están más allá de su control. Esta sucesión de reacciones bioquímicas continuas, constituyen lo que se conoce por el nombre de ciclo de Nitrógeno (Figura 1).

En el ciclo del Nitrógeno, las plantas juegan un papel muy importante ya que contienen proteínas vegetales. Los animales al alimentarse de las plantas transforman estas proteínas a proteínas animales y desechos nitrogenados, los cuales pasan nuevamente al suelo. Otro cambio de este ciclo lo constituye la muerte de las plantas y animales, ya que las bacterias y hongos de la putrefacción incorporan nuevamente al suelo el Nitrógeno de los primeros. Además de los microorganismos fijadores de Nitrógeno atmosférico, las tormentas eléctricas juegan un papel importante en este proceso, gracias a ellos se combinan el Nitrógeno con el Oxígeno, formando nitratos, los cuales se precipitan con la lluvia entrando a través de los estomas, conduciendo a una fertilización foliar en forma natural (7 y 34).

2.8.2. Mineralización

La conversión de Nitrógeno orgánico al estado de Nitrógeno

inorgánico más móvil, se conoce como mineralización del Nitrógeno, un proceso análogo a la liberación de Oxígeno a partir de los materiales carbonados en el que ambas transformaciones dan como resultado la liberación de los elementos en formas inorgánicas. Los dos procesos también están relacionados por el hecho de que son el único mecanismo de regenerar el nutriente en una forma útil para el desarrollo de las plantas verdes. Como consecuencia en la mineralización se producen amonio y nitrato y desaparece el nitrógeno orgánico. Estos productos delimitan dos procesos microbiológicos distintos: amonificación, en donde el amonio se forma a partir de compuestos orgánicos y nitrificación, término que usualmente se adopta para referirse a la oxidación del amonio a nitrato (3).

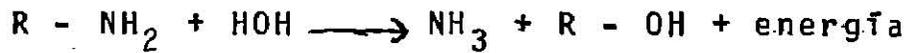
Las transformaciones probablemente sólo puede tener lugar a través de las etapas siguientes:

N. Orgánico \longrightarrow Amoniaco \longrightarrow Nitrito \longrightarrow Nitrato

y hasta donde alcanza nuestros conocimientos estas transformaciones son realizadas predominantemente en el suelo por microorganismos (27).

2.8.3. Amonificación

Las aminas y los aminoácidos así liberados son utilizados ulteriormente por otros grupos de organismos heterótrofos con la liberación de compuestos amoniacales. Esta etapa se denomina amonificación y se represente como sigue:



El amoniaco así liberado sufre destinos diversos en el sue
lo:

1. Puede ser convertido a nitritos y nitratos por el proceso de nitrificación
2. Puede ser absorbido directamente por las plantas superiores
3. Puede ser utilizado por los organismos heterótrofos en ulteriores descomposiciones de los residuos carbonados orgánicos.
4. Puede ser fijado en una forma no utilizable biológicamente en los tramados de ciertos tipos de arcilla minerales en expansión.

2.8.4. Nitrificación

El fenómeno de la nitrificación en el suelo, es un proceso biológico muy importante, ya que de él depende el que las plantas dispongan de suministros adecuados de Nitrógeno en forma de nitratos, que es la forma nitrogenada que más fácilmente absorben las plantas. La nitrificación es el proceso por el cual el amonio es convertido a nitratos. Este proceso es efectuado, en su mayor parte por bacterias clasificadas como organismos autotrofos, porque la energía para la síntesis de sus compuestos la derivan de la oxidación de sales inorgánicas simples y el carbono del Oxígeno de la atmósfera que los rodea.

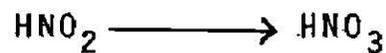
004941

Generalmente se considera que la nitrificación tiene lugar en dos etapas estrechamente relacionadas, llamadas nitrificación y nitratación.

Primero, el ión amonio es convertido a nitritos principalmente por bacterias del género Nitrosomonas, la reacción puede representarse así:



El segundo paso es llevado a cabo por un grupo de organismos, de los cuales el más importante es Nitrobacter sp.



El proceso de nitrificación en el suelo es afectado por muchos factores ecológicos, por ejemplo; pH, aireación, humedad del suelo, temperatura del suelo, contenido de nutrientes, materia orgánica, abundancia de ión amonio, capacidad de intercambio de cationes, efecto de la fuente de nitrógeno agregado y población de microorganismos nitrificantes (15).

2.8.5. Desnitrificación

Se llama así al proceso microbiano mediante el cual los nitratos son reducidos al estado de productos gaseosos, susceptibles a volatilizarse y perderse en la atmósfera, tales como el óxido nitroso (N_2O), o el nitrógeno molecular (N_2). Este proceso lo realizan bacterias anaeróbicas, que toman el oxígeno que necesitan para su respiración de los nitratos, reemplazando así

al oxígeno que falta en el suelo (17).

La función de las bacterias desnitrificantes es llevar a cabo la reducción de nitratos ($-NO_3$) a nitritos ($-NO_2$) y la liberación de amoníaco libre (NH_3) y a veces del nitrógeno gaseoso libre, como pasos finales en la descomposición microbiana de la materia orgánica inerte. Varios organismos anaeróbios del suelo utilizan nitratos como aceptores de hidrógeno y por esto, se reducen de nitratos a nitritos. Las proteínas y otros compuestos nitrogenados orgánicos se descomponen en aminoácidos y los grupos amino ($-NH_2$) se desprenden en forma de amoníaco (NH_3) (8).

2.9. Conocimientos Generales sobre la bacteria (Rhizobium sp.)

2.9.1. Descripción del Rhizobium

Son bacterias heterotóficas, aeróbicas, capaces de producir nódulos en las diferentes raíces de las leguminosas, son Gram negativas; incluyen células que no producen endosporas, generalmente de forma bacilar, estos bacilos miden de 0.5-0.9 de ancho por 1.2-3.0 micras de largo, son móviles.

Los bacilos de Rhizobium tienen dos o cinco flagelos peritricos sobre la superficie y uno de ellos subpolar, en la mayoría de los casos los flagelos peritricos se desprenden fácilmente lo que no sucede con el flagelo subpolar (5).

En medios de cultivo In vitro, pueden ser conservados fácilmente dadas las características heterotróficas (28).

Cuando se desarrollan en los nódulos, muestran ramificaciones en forma de "T" o "Y" (formas bacteroidales) en las que se cree que la fijación del nitrógeno se efectúa en forma más eficiente. Otras formas características encontradas son de tipo de estrellas, clavos y bastones vacuolados (29).

2.9.2. Taxonomía

Bergey clasificó a Rhizobium sp. de la siguiente manera: citado por Salle (1965)

Reino:	Vegetal
Subreino:	Thalophita
División:	Schizophita
Clase:	Schizomycetes
Orden:	Eubacteriales
Familia:	Rhizobiaceae
Género:	<u>Rhizobium</u>
Especies:	<u>leguminosarum, phaseoli, trifolii</u> <u>lupini, japonicum y meliloti.</u>

2.9.3. Ciclo de Vida

En resumen, el rizobio pasa por un ciclo especial que comprende cinco o seis fases: estado cocoide, fase cocoidea, premóvil con organismos de diámetro mayor que las anteriores, fase móvil monoflagelar, fase móvil peritrica, fase de bastones no flagelados y por último, fase bacteroide con formas vacuolizadas o con cromatina en bandas. En la Figura 2 se representa dicho ciclo (29).

2.9.4. Clasificación del Rhizobium sp.

Todos los intentos de clasificación de las bacterias nitrificadoras, pertenecientes al género Rhizobium, tienen como base los llamados grupos de inoculación, que son conjuntos de formas bacteriales que poseen la propiedad de producir infección, reacción y simbiosis sobre un grupo de leguminosas indistintamente, es decir, que extraídas bacterias de los nódulos de una leguminosa del grupo se puede inocular con éxito a otra especie de leguminosas del mismo grupo de plantas huéspedes.

Burton (1967) define como grupo de inoculación cruzada a las leguminosas que pueden ser inoculadas por un mismo Rhizobium sp. y en consecuencia una especie del género Rhizobium está formada por todas las cepas que nodulan a un grupo de inoculación cruzada.

Pérez (1980), menciona que un concepto generalmente aceptado para la clasificación del género Rhizobium, es la de grupos de inoculación cruzada, dicha agrupación se refiere solamente a la relación organismo-planta sin tomar en cuenta las características individuales de la bacteria.

Las agrupaciones que se han hecho hasta ahora son - - - muchas, pero ninguna ha llegado a perdurar debido a que muy a menudo se encontraban excepciones. Ha contribuido a esta situación respecto de la taxonomía de las bacterias la dificultad de encontrar la especificidad de los supuestos grupos de inoculación, así como no haber encontrado la causa de las afinidades de diversa índole entre huésped y bacteria. Actualmente se

consideran por casi todos los autores seis grupos principales de inoculación, las cuales se muestran en la Tabla 1 (19).

2.10. Fijación Simbiótica de Nitrógeno

2.10.1. Relación leguminosa-bacteria

La relación Rhizobium-leguminosa depende de cómo sea interpretada la situación. Cuando dos organismos viven próximos el uno al otro, es necesario entender cuáles son las diferentes explicaciones que pueden darse al fenómeno.

Una forma interesante de intercambio de materiales entre parásito y hospedero es la que constituye la llamada simbiosis.

Con todo el rigor terminológico, la simbiosis es la asociación de dos organismos de manera tal que la vida de uno está estrechamente unida a la del otro. También el parasitismo patológico constituye una forma de simbiosis, puesto que uno de los dos microorganismos por lo general acaba por sucumbir, tal simbiosis se llama simbiosis antagónica.

Algunos autores han sugerido a la relación Rhizobium-leguminosa como un caso de parasitismo, la leguminosa efectúa el papel de hospedero y la bacteria el papel de parásito. Ruiz (1979), menciona que la simbiosis es un caso especial de parasitismo en el cual se establece una lucha entre el parásito y el huésped; de esta lucha resulta un equilibrio funcional, que una vez obtenido permite al huésped vivir a expensas del parásito contra el cual se defiende y al parásito a existir a expensas del

huésped. Algunas veces el equilibrio se rompe, pues en ciertas ocasiones se ha hecho constar que la planta mata a las bacterias y viceversa; éstas en condiciones apropiadas se reproducen con gran intensidad, que invaden todas las raíces y la leguminosa llega a sucumbir.

En la asociación Rhizobium-leguminosa ambos organismos se benefician, por lo tanto el parasitismo no interviene en este fenómeno, la simbiosis mutua parece ser la explicación más razonable. Desde este punto de vista la simbiosis ha sido definida como una sucesión contigua entre dos o más organismos morfológicamente distintos, de diferente especie, resultando como consecuencia la adquisición de sustancias alimenticias. Esta definición implica que los organismos involucrados tienen la habilidad de vivir en forma independiente, pero que ambas se benefician con la asociación. La pregunta puede responderse como un organismo que beneficia a otro en este caso. Esto se explica debido a que la bacteria obtiene de la planta carbohidratos y dá a cambio el nitrógeno que es necesario para su crecimiento. En comparación con la forma no simbiótica de fijación de nitrógeno, la forma simbiótica tiende a aumentar la cantidad de materia orgánica en una forma alta en el suelo.

2.10.2. Infección y formación del nódulo

En la actualidad se comprenden bastante bien las etapas de la infección y desarrollo de los nódulos radicales. Figura 3 (6).

La capacidad de la planta leguminosa para formar nódulos es muy variable. La infección comienza unas veces en fase muy precoz de la plántula y otras más tarde, pero se ha demostrado (Nutman, 1953) que cuanto más temprano es la infección, tanto más activa es la fijación y que la época de infección es muy específica. La infección puede ocurrir en un punto determinado de las raíces o bien, en otros casos sucede en cualquier zona. Generalmente, la infección se verifica por los pelos radicales (19).

Las raíces de las leguminosas segregan diversos materiales orgánicos que estimulan el crecimiento de una microflora en la rizosfera. La infección de la raíz se produce a través de los pelos radicales. Una de las secreciones de la raíz es el triptófano, que se transforma en la hormona vegetal ácido indolacético por los rizobios. Esta hormona induce el encorvamiento de algunos pelos radicales, proceso que es el preludio de la infección. En este momento pueden producirse enzimas que disuelven el cemento que mantiene juntas las microfibrillas de celulosa del pelo radical y, de alguna forma las bacterias se deslizan a través de la pared del pelo radical y penetran en el citoplasma. Después de entrar en el pelo radical, las células emigrantes proliferan y forman el llamado filamento de infección, que se extiende por el interior del pelo radical.

Después queda infectada una célula de la raíz adyacente al pelo radical. Si esta célula es diploide normal, habitualmente es destruida por la infección sufriendo necrosis y dege-

neración ; sin embargo, si es una célula tetraploide, puede ser el predecesor de un nódulo. En la raíz siempre hay un pequeño número de células tetraploides de origen espontáneo y si una de estas células queda infectada, es estimulada a dividirse. Las divisiones progresivas de tales células infectadas conducen a la aparición de un nódulo de aspecto tumoral. En cultivo los rizobios producen sustancias llamadas citocininas que hacen que las células tetraploides se dividan y es posible que la producción de citocininas tenga lugar en las células infectadas.

Las bacterias se multiplican rápidamente dentro de las células tetraploides y quedan rodeadas individualmente o en pequeños grupos por porciones de la membrana de la célula huésped. Las bacterias se transforman entonces en unas formas hinchadas, deformes y a veces ramificadas, llamadas "bacteroides". Con el tiempo, el nódulo se deteriora, liberando bacterias al suelo. Las formas bacteroides son incapaces de dividirse, pero siempre hay un pequeño número de células bacilares que han permanecido inactivas; estas proliferan ahora, usando como nutrientes algunas de los productos del nódulo deteriorado, y pueden iniciar el proceso de infección en otras raíces o pueden llevar su existencia libre en el suelo (6).

2.10.3. Nodulación Eficiente e Ineficiente

Aunque la asociación simbiótica entre la planta y las bacterias de los nódulos produce la fijación de nitrógeno gaseoso, la cantidad efectiva de lo fijado en un determinado nódulo varía mucho. En circunstancias óptimas, la fijación de nitrógeno

puede ser rápida y continua durante todo el período de desarrollo; en circunstancias desfavorables, el período de fijación puede ser transitorio y escasa la cantidad de nitrógeno que se fije. En el primer caso, se dice que la asociación entre la planta y el organismo es "eficiente" y en el segundo, se denomina "ineficiente". Thornton (1939) demostró que la principal diferencia entre una asociación eficiente y otra ineficiente consiste en la duración del proceso de fijación; mientras este proceso está en curso, el coeficiente de fijación por volumen unitario de células infectadas, no difiere de manera sensible en ninguno de los dos casos.

En las asociaciones ineficientes, la nodulación presenta una estructura característica. En general, se encuentra un gran número de nódulos pequeños, duros y esféricos, de color blanco, repartidos por todo el sistema radical, que tiende a ser largo y a ramificarse en pocas raíces laterales relativamente. Por el contrario, en las asociaciones eficientes, el número y la distribución de los nódulos están relativamente restringidos; en este último caso, encontramos grupos de nódulos grandes, rosados, carnosos de diversas formas, alojados en la proximidad del cuello y de las primeras raíces secundarias. Si se hace un corte longitudinal en un nódulo eficiente, encontraremos generalmente que contiene un punto central de tejido de un color que va del rosa vivo al escarlata, y que se debe a la presencia del pigmento leghemoglobina, estrechamente emparentado con la hemoglobina de la sangre. La leghemoglobina se produce únicamente en los nódulos eficientes ya maduros, durante la

fase activa de fijación del nitrógeno y en los lóbulos más jóvenes de los nódulos perennes. Sólo se le encuentra en los tejidos nodulares abundantes en rizobios y se forma a medida que se diferencian los tejidos bacteroides. Si se interrumpe la fijación del nitrógeno, la leghemoglobina se convierte en legcoleglobina de color verde. La aparición de una mancha verde en el tejido nodular prueba que ha cesado la fijación de nitrógeno. Chen y Thornton (1940), demostraron que los nódulos eficientes se distinguen también de los ineficientes por el volumen del tejido nodulador infectado. En los nódulos eficientes este volumen puede ser de 3 a 5 veces mayor que en los ineficientes. Por tanto, se podría decir que los nódulos ineficientes son aquellos cuyo desarrollo se ha interrumpido prematuramente y que han dejado de crecer (35).

2.11. Factores que Afectan la Nodulación y Fijación de Nitrógeno

2.11.1. Factores Físicos

Temperatura. La temperatura es un factor importante en la supervivencia de la bacteria, tanto en el suelo como en la planta. En relación con las temperaturas óptimas para una buena nodulación, existen discrepancias.

Gomez (1963) realizó un experimento en frijol con el fin de medir el efecto de la materia orgánica, pH, y temperatura del suelo sobre la nodulación causada por Rhizobium phaseoli, encontrando que la nodulación fue mayor a una temperatura de 30°C que a 40°C.

Barrios et al. (1963) desarrollaron un trabajo sobre el efecto de la temperatura en la formación de nódulos en la raíz del frijol por Rhizobium, encontrando que a 25°C la nodulación fue óptima; a 12 y 13°C la nodulación fue casi nula y que a 17 y 30°C el crecimiento de la planta fue tan bueno como a 25°C, pero la nodulación se redujo en un 30%.

Graham (1977) menciona que en promedio la temperatura óptima del suelo para el proceso de nodulación y fijación de nitrógeno es de 30°C.

Waksman (1963) menciona un rango de 18-28°C como óptimo (4).

De acuerdo con Gukova (1945), una disminución de 5°C en la temperatura óptima del suelo, ocasiona una reducción de 4.5% en la cantidad de nitrógeno fijado; en cambio, cuando se aumenta en 4°C, la fijación del nitrógeno se reduce en un 50%. Temperaturas abájo de 6.5°C no afecta el poder infectante. La temperatura óptima para su desarrollo y función de los rizobios está entre 20° y 24°C (29)..

Reacción del Suelo. La reacción del suelo es de gran importancia, no sólo afecta el desarrollo de los rizobios y la producción de nódulos, sino también el crecimiento y la captación de nitrógeno por las plantas.

Los suelos ácidos generalmente causan deficiencias de elementos básicos como Calcio, Magnesio, Potasio y frecuentemente, Fósforo y Nitrógeno. Además, pueden originar liberación de elementos tóxicos como Aluminio, Manganeso (29).

Aunque se sabe que las leguminosas maduran con un pH de 4.5 y la nodulación se reduce en forma notable a menos de pH 5.5 (35).

Gomez (1963) efectuando un experimento con frijol (Phaseolus vulgaris L.) con el propósito de medir el efecto de la materia orgánica, pH y temperatura del suelo sobre la nodulación causada por Rhizobium phaseoli, encuentra que la nodulación es mayor con los factores: temperatura del suelo a 30°C, pH 7.3 y presencia de materia orgánica; sin embargo, cuando la temperatura del suelo fue de 35°C, el mayor número de nódulos correspondió a los factores pH 7.8 y sin materia orgánica (4).

Humedad del suelo. Una humedad adecuada en el suelo no solo es un factor importante en el buen desarrollo de las plantas superiores, sino también en la supervivencia de Rhizobium tanto en el suelo como en la semilla inoculada. Se sabe que esta bacteria es extremadamente sensible a la sequía; solamente unas cuantas células pueden sobrevivir cuando la mezcla del suelo contiene aire seco. En el otro extremo, un exceso de agua puede limitar la aireación y por lo tanto, la supervivencia de las bacterias; por lo que en regiones áridas es recomendable infectar con cepas locales y no con cepas importadas debido a la adaptabilidad de las primeras (29).

Luz. Es necesario que exista un óptimo en la intensidad de luz para tener una máxima nodulación y por lo tanto, fijación de nitrógeno (Fred y Wilson, 1934) citados por Sánchez (1964).

distribuido en las proteínas.

Se ha encontrado que la densidad de los nódulos existentes en la raíz es fuertemente estimulada por el fósforo, así como también el tamaño de los mismos.

El fósforo desempeña también sin duda, un papel sumamente importante en el mantenimiento de un alto nivel en la población rizobiana en el suelo (35).

Dinner (1950), observó que cuando los niveles de fósforo en los suelos son muy bajos, los rizobios pueden penetrar a la raíz de las leguminosas; pero la infección se mantiene latente y los nódulos no se forman.

Así como el fósforo estimula el desarrollo de las raíces, también aumenta la fijación de nitrógeno.

Potasio. Robert y Olson (1942) encontraron que no había estimulación en la fijación de nitrógeno por el fósforo, sino existía en el suelo adecuada cantidad de potasio, mientras que Poschenrieder y Lesch (1943) menciona que el número de nódulos aumenta por acción del potasio, pero no así el peso de los mismos.

Diener (1953), asegura que el potasio no afecta la formación de nódulos (29).

Calcio. Este elemento tiene influencia en la reacción del suelo, de ahí su importancia en el desarrollo de las plantas y su pervivencia de los rizobios.

Mc Calla (1937) demostró que la concentración del calcio asimilable tiene que ser relativamente alta si se quiere mantener activa la población rizobiana. En un régimen pobre en calcio las bacterias adoptan una forma cromogénica anormal, que no les permite invadir la planta (35).

Azufre. El azufre al igual que el fósforo, es necesario para el suministro de energía en los nódulos y en ausencia, estos permanecen pequeños y no fijan nitrógeno.

Jansen (1972) menciona que la aplicación de azufre aumenta el contenido de nitrógeno en la planta, así como su fijación. También tiene gran influencia en el aumento de la metionina en las proteínas (22).

Fierro. Epstein (1972) señala que el fierro es requerido como componente de la leghemoglobina, sustancia presente en los nódulos activos y que interviene en la fijación de nitrógeno.

Galston (1967) menciona que la leghemoglobina, un pigmento rojo, es indispensable en la fijación del nitrógeno atmosférico, ya que los nódulos que no la contienen son incapaces de fijar a este elemento (4).

Boro. Aunque el boro no se ha encontrado esencial para los rizobios, si es necesario para el buen desarrollo de las plantas y en forma específica para el de las raíces. Cuando existe una deficiencia de boro, el tejido vascular de los nódulos se desarrollan en forma anormal, afectando el aspecto bacterioide (29).

Molibdeno. Este elemento posee doble función, en pequeñísimas cantidades es requerido para la reducción de nitratos a amoníaco y relativamente en grandes cantidades, para la fijación de nitrógeno por las leguminosas (29).

Las aplicaciones de molibdeno incrementan significativamente el número, peso y tamaño de los nódulos.

Cobalto. Reinsenauer (1962) señala que el cobalto es también necesario para la fijación de nitrógeno por las leguminosas ya que este es el componente metálico de la vitamina B₁₂, la cual se encuentra en los nódulos y posiblemente es indispensable en la biosíntesis de la leghemoglobina. El contenido de B₁₂ aumenta con el abastecimiento de cobalto por lo que este micronutriente es indispensable para Rhizobium y demás microorganismos simbióticos fijadores de nitrógeno atmosférico (4).

2.11.3. Factores Biológicos

Microorganismos. Se pueden mencionar dentro de éstos, varios microorganismos patógenos, tales como hongos, bacterias y virus (como los bacteriofagos) y la presencia de cepas de Rhizobium nativas, que pudieran ser competidoras con las cepas inoculadas.

Muchos organismos pueden ejercer una acción antagónica para Rhizobium, lo cual trae como consecuencia una disminución en la fijación de nitrógeno (Allen y Allen, 1950 citados por Sánchez, 1964).

Plantas Superiores. Nutman (1953) menciona que la nodulación puede ser afectada por secreciones de la raíz de leguminosas o de otras especies vegetales (29).

Insectos. Mulder (1948) reporta que entre los insectos que pueden causar un efecto negativo en la fijación de nitrógeno (Sitonema linealus) ocupa un lugar especial, pues sus larvas destruyen los nódulos de varias leguminosas.

Los bacteriófagos cuando se encuentran en cantidades con siderables en el suelo, provocan la "lisis" de las bacterias de Rhizobium disminuyendo la población de ésta en la rizosfera.

Kleezkowska (1950) citado por Benet (1984) encontró que los bacteriófagos producen mutaciones en Rhizobium que pueden modificar el proceso de fijación de nitrógeno (4).

2.12. Trabajos Afines

Nassar, S. (1972). . . sembró . . . semillas de Phaseolus vul garis cv. Seminol en ensayos en macetas que contenían suelos esterilizados y sin esterilizar; limo del Nilo (pH 7.8), arena (pH 5.3) y suelos que habían sido cultivados con vegetales durante 15 años (pH 8.3). Las semillas se dejaron sin tratar o se inocularon en la siembra con las cepas 404, 405 y D400 Rhizobium phaseoli. Las plantas se cultivaron durante 50 días. El número promedio de nódulos por planta en suelos esteriliza

dos y sin esterilizar fue de 6.3 y 4.9 para limo, 9.4 y 8.6 para arena y 0.6 y 0.09 para suelo cultivado con vegetales. Los rendimientos correspondientes de materia seca por planta (no se presentan las unidades) fueron de 1.24 y 1.06, 1.35 y 1.54 1.39 y 0.98 respectivamente. Las plantas sin inocular presentaron menos nitrógeno que las inoculadas y las plantas que se cultivaron en suelos esterilizados contenían más nitrógeno que las cultivadas en suelos sin esterilizar (21).

Aguilera (1975) evaluó el efecto de 8 cepas de Rhizobium colombianas (ICTA # 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8) y 6 cepas guatemaltecas (ICTA #21, 22, 23, 24, 25 y 26) en tres variedades mejoradas de frijol Ipala 72, San Pedro Pinula y Negro Jalpatagua, recomendadas por su alto rendimiento y resistencia a las enfermedades. Se utilizó un diseño de parcelas subdivididas, con tres repeticiones en las cuales cada unidad experimental estuvo constituida por una jarra Leonard con dos plantas cada una. Entre las conclusiones se indica que: 1) Las cepas ICTA # 24, 25, 23, 26, 6, 2, 5 y 8 lograron mejor desarrollo de las plantas de cualquier variedad; 2) el peso total de materia seca de los nódulos que coincidió con el desarrollo y materia seca de las plantas, puede ser un índice de eficiencia simbiótica; 3) se recomiendan la cepa ICTA #26 para la variedad Ipala 72, la ICTA #8 para la variedad Negro Jalpatagua y San Pedro Pinulo; 4) las cepas con mayor capacidad de infección de las variedades con relación al número de nódulos por planta fueron: ICTA #6 para Ipala 72, ICTA #5 para San Pedro Pinula e ICTA #1 y 5 para Negro Jalpatagua (2).

Cuautle (1979) con el objetivo de evaluar y conocer algunos factores que afectan la nodulación y la capacidad de fijación simbiótica por Rhizobium en frijol común en el Valle de México, estableció dos experimentos de campo, uno de temporal y otro de riego; observó que las cepas nativas de Rhizobium phaseoli son altamente infectivas y competitivas (12).

Nathal (1981) citado por García y Mtz (1986) reportó que en experimentos realizados en el estado de Nayarit, en condiciones de riego, para evaluar la acción de 10 cepas de Rhizobium phaseoli sobre tres variedades de frijol, encontró que hay aumentos en el rendimiento por efecto de inoculación en el orden de hasta el 48.7% en las diferentes variedades estudiadas, observó además una relación estrecha entre el contenido de nitrógeno y el rendimiento de grano (14).

Aguero y López (1984) establecieron un experimento en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el municipio de Marín, N.L.; para evaluar cinco cepas de Rhizobium phaseoli en la variedad de frijol Canario 101, encontrando que no hubo diferencia significativa en ninguna de las variables bajo estudio, excepto la variable "número de granos por vaina", pese a que las demás no se mostraron significativas, se observó el efecto de las cepas mediante el rendimiento, aunque se esperaba que éste fuera más alto debido al uso del inoculante. Las causas probables de la baja efectividad de éste, se atribuyen a factores tales como las condiciones climáticas y edáficas, las

cuales dieron como consecuencia una adaptación pobre (1).

Graham, PH. et al., en un ensayo colaborativo de inoculación en varias localidades, utilizando 10 cepas de Rhizobium phaseolí altamente eficientes. Los 12 ensayos IBIT se sembraron en siete países: México, Perú, Bolivia, Estados Unidos, Brasil, El Salvador y Colombia. Se obtuvieron respuestas significativas en el rendimiento (incremento del 30-61% sobre las plantas testigo sin nitrógeno). Las cepas CIAT 632 y CIAT 640 fueron generalmente las más eficientes. La nodulación intensiva de plantas testigo no inoculadas ocurrió en varios sitios, destacando el problema que probablemente ocurrirá con rizobios naturales en el suelo en las regiones tradicionales del cultivo de frijol (16).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del Sitio Experimental

El presente trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en el municipio de Marín, N.L, durante el ciclo tardío (Agosto-Diciembre) de 1986.

El Campo Agrícola Experimental está situado en el km 17 de la carretera Zuazua-Marín, siendo sus coordenadas geográficas de 25°53' Latitud Norte y 100°03' Longitud Oeste en el meridiano de Greenwich, teniendo una altura de 367 msnm.

3.2. Características Edáficas y Climáticas del Sitio Experimental

Las características físico-químicas del terreno donde se desarrolló el experimento, tales como: textura, pH, contenido de materia orgánica, nitrógeno total y sales solubles se muestran en la Tabla 2, con su respectiva clasificación agronómica.

La temperatura promedio de la región es de 22°C, con una media anual máxima de 29°C y una mínima de 16°C. La precipitación pluvial es de 400-500 mm anuales. Estos datos se obtuvieron de la Estación Meteorológica de la FAUANL.

El clima predominante según la clasificación de Köppen, modificado por Enriqueta García (1973) es de tipo semiárido BS(h')hx(e').

Las condiciones climáticas de temperatura y precipitación que se presentaron durante el período en que se desarrolló el experimento se muestran en las Tablas 3 y 4 respectivamente.

3.3. Características Agronómicas de la Variedad Selección #4

Esta variedad es semilla obtenida por selección individual de la variedad comercial Delicias 71, en el Campo Agrícola Experimental de la FAUANL y presenta las siguientes características:

- a). Planta de tipo semiguía o guía corta (crecimiento semide-terminado postrado).
- b). El ciclo vegetativo es de 95-100 días.
- c). Los días a floración son 55.
- d). La flor es de color blanca
- e). Semilla pequeña de color café claro con manchas café obscuro.
- f). Es resistente a plagas como la "chicharrita" (Empoasca fabae) y enfermedades como el "tizón común" (Xanthomonas phaseoli).
- g). El rendimiento promedio bajo condiciones de riego es de 969 kg/ha, mientras que bajo condiciones de temporal el rendimiento promedio es de 656 kg/ha.

Las recomendaciones para sembrar dicha variedad (Selección #4) son: tener el terreno con una preparación adecuada; la densidad de siembra es de 30 kg/ha con un espaciamiento en-

tre surcos de 80 cm; los deshierbes deben efectuarse a tiempo para evitar la competencia de las malezas con el cultivo. La cosecha debe efectuarse antes de que las plantas estén totalmente secas, de esta manera se evitarán los desgranados en el campo y daños mecánicos a la semilla durante la trilla; la semilla debe estar seca antes de ser encostalada para impedir el desarrollo de hongos. La humedad más adecuada para almacenar la semilla es de 10-12%.

3.4. Materiales Utilizados

Los materiales empleados en el experimento fueron los siguientes:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| - Tractor | - Posera |
| - Arado | - Cinta métrica |
| - Rastra | - Estacas |
| - Surcador | - Hilo |
| - Bordeador | - Cal |
| - Azadones | - Semilla de frijol variedad Selección #4 |
| - Cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> | |

3.5. Descripción del Diseño Experimental y Tratamientos

El diseño experimental utilizado fue un bloques completamente al azar (DBCA), con cinco tratamientos en tres repeticiones, generándose así 15 unidades experimentales.

Cada una de las unidades experimentales estuvo integrada

por siete surcos de 5 m² de longitud y 80 cm. de separación entre ellos. Como parcela útil se tomaron los tres surcos centrales, eliminándose además un metro de cabeceras (por efecto de bordo). Se seleccionaron de cada parcela útil 10 plantas al azar para evaluar las variables bajo estudio.

El modelo utilizado es el siguiente:

$$Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1 \dots t = 5 \\ j = 1 \dots r = 3 \\ ij = tr \dots 15 \text{ obs.} \end{array}$$

Donde:

Y_{ij} = Es la variable bajo estudio

M = Es la media verdadera general

T_i = Es el efecto verdadero del i -ésimo tratamiento

B_j = Es el efecto verdadero del j -ésimo bloque

E_{ij} = Es el error aleatorio asociado a la ij -ésima U.E., surgen por el efecto conjunto de todos los factores no controlados por el diseño y que causan heterogeneidad en las observaciones.

Los tratamientos probados fueron los siguientes:

T1 : Testigo

T2 : Ceba FM 114

T3 : Ceba FM 335

T4 : Ceba FM 138

T5 : Ceba FM 332

Las cepas fueron proporcionadas por medio de FERTIMEX a través del Proyecto de Fijación Biológica de Nitrógeno de la FAUANL.

Delimitación de la parcela experimental:

$$\text{Area total: } 30 \text{ m} \times 21 \text{ m} = 630 \text{ m}^2$$

$$\text{Area efectiva: } 30 \text{ m} \times 15 \text{ m} = 450 \text{ m}^2$$

$$\text{Area por repetición: } 30 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 150 \text{ m}^2$$

$$\text{Area por parcela (tratamiento): } 6 \times 5 \text{ m} = 30 \text{ m}^2$$

$$\text{Area por parcela útil: } 3 \text{ m} \times 2.40 \text{ m} = 7.20 \text{ m}^2$$

Separación entre bloques = 2 m.

Se anexa croquis del experimento, con sus respectivas dimensiones y distribución aleatoria de los tratamientos en la Figura 4.

3.6. Preparación del Terreno

Una adecuada preparación del suelo es indispensable en la obtención de una buena cama de siembra, lo cual es importante para el buen crecimiento y desarrollo de los cultivos.

La preparación del terreno utilizado en el experimento se inició 15 días antes de la siembra; siendo la primer labor la roturación (25-30 cm de profundidad), la cual sirvió para eliminar malezas, voltear el suelo y dejar expuesto a la intemperie huevecillos y larvas que en éste habitan; una semana des-

pués se llevó a cabo el rastreo para lograr una mejor pulverización de terrones; finalmente, dos días antes de la siembra se realizó el surcado y formación de regaderas. La distancia entre surcos fue de 80 cm.

El terreno no fue nivelado ya que la nivelación que presentaba era adecuada.

3.7. Inoculación de la Semilla

La inoculación de la semilla se efectuó el día mismo de la siembra, siendo realizada esta práctica en el laboratorio de suelos de la FAUANL, con la finalidad de proteger a la bacteria para que no fuera dañada por los rayos solares, ya que éstos le restan viabilidad.

El método de inoculación utilizado en este trabajo fue el de imbibición, el cual se describe a continuación:

- a). En un recipiente se depositan 2 lt de agua.
- b). Enseguida se agrega un sobre de cepa (1 g)
- c). A continuación se agrega goma arabiga, la cual sirve como adherente de la bacteria a la semilla.
- d). Se espera la total dilución
- e). Posteriormente se agrega 1. kg. de semilla
- f). Esperar a que se imbiba la semilla (arruge)
- g). Pasar la semilla a bolsas de plástico y cubrirlas con bolsas de papel para evitar la influencia directa de los ra-

yos solares.

h). Finalmente, realizar la siembra

3.8. Siembra

La siembra se realizó el día 28 de Agosto de 1986, siendo ésta en forma manual, depositandose 2-3 semillas por punto cada 5 cm para evitar posibles fallas en la germinación debido al estado de deterioro que presentaban algunas de las semillas. La siembra se efectuó en el fondo del surco para aprovechar al máximo la humedad del suelo.

La emergencia de las plántulas se presentó a los ocho días después de la siembra, siendo ésta muy uniforme.

La semilla variedad Selección #4 fue proporcionada por el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la FAUANL.

3.9. Labores de Cultivo

Básicamente las labores realizadas fueron deshierbes, así como un aclareo, siendo estas prácticas en forma manual y con azadón.

El primer deshierbe se efectuó el día 24 de Septiembre, con el fin de eliminar las malezas y evitar de esta manera la competencia de éstas con el cultivo por nutrientes, luz, etc. Un segundo deshierbe se llevó a cabo el día 18 de Octubre; además fue necesario realizar un tercer deshierbe, siendo éste el

12 de Noviembre para evitar la incidencia de plagas y enfermedades, las cuales repercuten en el rendimiento del cultivo. También fue necesario hacer un aclareo, para dejar establecido el cultivo a una distancia de plantas de 10 cm, óptima para frijol, esto se hizo el día 8 de Octubre.

Entre las malezas que fueron eliminadas se encuentra: el trompillo (Solanum eleagnifolium), zacate Johnson (Sorghum halepense), quelite (Amaranthus sp.), mala mujer (Solanum rostratum), correhuela (Ipomoea sp.), pollocote o girasol (Helianthus annuus), etc.

3.10. Riegos

Durante el ciclo de cultivo, debido a las precipitaciones registradas durante este período, (Tabla 4), solamente se dió un riego el día 2 de Septiembre, siendo éste a través de sifones.

3.11. Cosecha

La cosecha se llevó a cabo el día 5 de Diciembre de 1986. De cada parcela útil se tomaron 10 plantas al azar, las cuales fueron colocadas en bolsas de papel etiquetadas debidamente con el número de tratamiento y repetición correspondiente a cada planta cosechada.

Una recomendación para efectuar la cosecha es que ésta no se debe realizar cuando las plantas estén completamente secas, para evitar los desgranos en el campo.

3.12. Muestreo del Suelo

Se realizaron dos muestreos; uno antes de la siembra para determinar principalmente la cantidad de nitrógeno presente en el terreno, así como otras características físico-químicas del terreno experimental. El segundo muestreo se efectuó después de la cosecha para evaluar la cantidad de nitrógeno disponible en el terreno.

NOTA: El primer muestreo fue representativo para cada repetición del experimento, mientras que el segundo fue por tratamiento.

3.13. Variables Estudiadas

- 1). Peso de la planta
- 2). Peso de la vaina con granos
- 3). Peso de los granos (rendimiento)
- 4). Número de vainas por planta
- 5). Número de granos por vaina
- 6). Número de granos por planta
- 7). Altura de planta
- 8). Nitrógeno de la parte aérea

Para determinar los parámetros 1, 2 y 3 se utilizó una balanza granataria.

El criterio utilizado para determinar los parámetros 4, 5 y 6 fue a través de conteos.

Para la variable altura de planta, se utilizó una regla graduada (50 cm) midiendo la planta desde el cuello de la misma hasta el último punto de crecimiento.

El criterio usado para el cálculo del nitrógeno en la parte aérea fue el de Ortiz Villanueva (1975), donde dice que la materia seca o materia orgánica humificada en los suelos contiene en promedio 5% del nitrógeno total y un 58% de carbono, de donde resulta el cociente C/N = 11.6:1 y la relación C/MO = 1:1.724. De igual manera, la relación MO/N es de 11.6 x 1.724:1 ó alrededor de 20:1. Esta última cifra es de considerable valor en hacer cálculos aproximados con relación a estos dos constituyentes.

Deberá tenerse presente sin embargo, que el factor $N \times 20 = MO$ dá cifras más precisas.

Despejando entonces, tenemos que:

$$N \times 20 = MO$$

$$N = \frac{MO}{20}$$

Donde:

N = Nitrógeno total (gramos o %)

MO = Materia orgánica (gramos o %)

20 = Es una constante que proviene de la relación C/N

20:1 y que se deriva del 5% de Nitrógeno que tienen en promedio las plantas.

Además, se ha estimado que el nitrógeno fijado por Rhizobium es de 66% (.66).

3.14. Análisis de Varianza

Para cada una de las variables estudiadas se realizó un análisis de varianza en forma manual (con calculadora) en base al diseño experimental bloques completos al azar.

El coeficiente de variación para cada análisis fue estimado en base a la siguiente fórmula:

$$C.V. = \frac{\sqrt{C.M.E.}}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

C.V. = Coeficiente de variación

C.M.E. = Cuadrado medio del error experimental

\bar{X} = Media general

IV. RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo experimental, a continuación se presentan para cada una de las variables estudiadas con su respectivo análisis de varianza.

Peso de la planta

En lo que respecta a esta variable estudiada podemos enunciar que sus análisis de varianza no reportó diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, ni entre bloques, obteniéndose un C.V. de 10.56%.

Peso de las vainas con grano

De acuerdo a esta característica estudiada, no se obtuvo diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, así como tampoco entre bloques, reportando un C.V. de 10.82%.

Peso de los granos (rendimiento)

El análisis de varianza realizado para esta variable no reportó diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, resultando además no significativo el efecto entre bloques, siendo el C.V. de 12.63%.

Número de vainas por planta

Haciendo referencia a esta variable analizada, el análisis de varianza efectuado no reportó diferencia estadísticamente significativa tanto entre tratamientos como entre blo-

ques, obteniéndose un C.V. de 6.59%.

Número de granos por vaina

Con respecto a esta variable analizada, se menciona que el efecto de tratamientos no fue estadísticamente significativo, además no obteniéndose diferencia estadísticamente significativa entre bloques, el C.V. fue de 3.91%.

Número de granos por planta

De acuerdo a esta característica estudiada, el análisis de varianza realizado reporta que no se obtuvo diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, ni tampoco presentándose diferencia significativa entre el efecto de bloques, obteniéndose un C.V. de 9.17%.

Altura de planta

Refiriéndose a esta variable analizada, el análisis de varianza efectuado no reportó diferencia estadísticamente significativo entre tratamientos, así como tampoco entre bloques, siendo el C.V. de 6.50%.

Porcentaje de nitrógeno

En lo que respecta a esta variable estudiada, el análisis de varianza realizado no reportó diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, resultando además estadísticamente no significativo el efecto entre bloques, obteniéndose un C.V. de 11.64%.

V. DISCUSION

En el presente trabajo de investigación, se encontró que no existe diferencia estadísticamente significativa para ninguna de las variables estudiadas, por lo que podemos decir que las medidas de los tratamientos para cada una de las variables son iguales.

De acuerdo a los objetivos planteados y en base a los resultados obtenidos, podemos mencionar lo siguiente: en cuanto al rendimiento, se obtuvo una producción promedio de 990 kg/ha la cual podemos considerar como satisfactoria en un sistema de producción bajo riego en forma tradicional; sin embargo, era de esperarse mayores rendimientos debido al uso de los inoculantes, pero no fue así; en lo correspondiente al nitrógeno total acumulado y el disponible para el siguiente ciclo, se encontró que el tratamiento 2 reportó los valores más altos, mientras que el tratamiento 5 exhibió los valores más bajos, aunque estadísticamente no se presentó diferencia significativa.

Estos resultados obtenidos se pueden atribuir a diferentes factores como:

Con respecto a las cepas utilizadas, no se probó la viabilidad de éstas, pero considerando las bacterias como viables, algo que pudo limitar que no hubiese efecto de tratamientos, es que no haya habido compatibilidad entre las cepas y la especie probada, así como también pudo haber sido competencia

entre cepas nativas y las cepas utilizadas.

De las condiciones edáficas podemos mencionar lo siguiente: En cuanto al pH, éste se encontraba en un rango óptimo para llevarse a cabo el proceso de fijación, por lo que no se le puede considerar como factor limitante; con respecto a nutrientes no se hizo análisis para determinar la presencia o ausencia de éstos, los cuales son importantes para una buena nodulación y posteriormente, una apropiada fijación de nitrógeno, por ejemplo: se pueden mencionar algunos como el Fósforo, el cual estimulará la densidad de los nódulos existentes en la raíz, así como el tamaño de los mismos; el Hierro es requerido como componente de la leghemoglobina, sustancia presente en los nódulos activos y que interviene en la fijación del nitrógeno; el Molibdeno es requerido para la fijación del nitrógeno por las leguminosas. Aún y cuando se cree no existían deficiencias ya que la planta no manifestaba los síntomas.

En lo que respecta a la textura del suelo, se puede afirmar que ésta era apropiada, ya que se tenía una textura migajón arcillosa, la cual proporciona buena aereación y buen drenaje para llevarse a cabo la nodulación; mientras que el contenido de materia orgánica era pobre: por lo que pudo haber sido un factor limitativo en el proceso de fijación.

Otro factor que también se puede considerar es la adaptabilidad de las cepas evaluadas, ya que éstas fueron obtenidas en la Cd. de México, donde las condiciones ambientales son diferentes a las de esta localidad por lo que se puede conside

rar como un factor limitante ya que temperaturas superiores a los 30°C reducen el inicio de la formación y eficiencia de los nódulos, e inclusive no hay formación de los mismos y en este experimento se presentaron temperaturas superiores a los 30°C.

VI. CONCLUSIONES

En base a los análisis estadístico para las diferentes variables probadas, se encontró que no existió diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, lo cual significa que las medias de rendimiento son iguales.

De acuerdo a los resultados obtenidos y tomando en cuenta los objetivos e hipótesis planteados, se puede concluir lo siguiente:

Objetivos

- 1). Determinar el comportamiento de la bacteria Rhizobium phaseoli bajo condiciones de riego, respecto al rendimiento.

En cuanto a esta característica agronómica, el tratamiento que obtuvo el mayor rendimiento fue el número 2 (Cepa FM 114) con una producción de 1080.42 kg/ha; mientras que el tratamiento 5 (cepa FM 332) fue el que obtuvo el menor rendimiento con una producción de 932.73 kg/ha. En general, en lo que respecta a este objetivo, se encontró que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, por tal motivo, se puede concluir que todas las cepas son iguales entre sí e idénticas al testigo por lo tanto, todos los tratamientos son iguales y biológicamente rinden igual.

2). Nitrógeno total acumulado y nitrógeno disponible para el siguiente ciclo.

En lo que respecta a este objetivo, tenemos que el tratamiento 2 (Cepa FM 114) fue el que mostró "superioridad" respecto a los demás tratamientos. Pero en cuanto al análisis de varianza, éste nos reporta que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, por lo tanto, todos los tratamientos son iguales y la "superioridad" mostrada por el tratamiento 2 se debe a cuestiones aleatorias fuera de nuestro alcance y no al efecto de tratamientos.

VII. RECOMENDACIONES

- Continuar realizando esta investigación durante varios años en diferentes localidades y con diferentes variedades de frijol para observar el comportamiento de las cepas.
- Se recomienda hacer pruebas de viabilidad de la bacteria antes de inocular la semilla, esto con la finalidad de asegurar la efectividad del proceso.
- Realizar muestreos de suelo para verificar la presencia de agentes antagónicos de Rhizobium en la rizosfera, así como el contenido de nutrientes involucrados en el proceso de nodulación y fijación de nitrógeno y de esta manera, asegurar dicho proceso.
- Hacer muestreos de plantas durante el desarrollo del cultivo para verificar la nodulación.
- Se recomienda probar otras diferentes cepas a las del este experimento con la finalidad de buscar una mejor adaptación.
- Realizar este tipo de experimento con la modificación del factor ambiental (aplicación de nutrientes, fitohormonas, peletización de semillas, modificación del pH, etc.).

VIII. RESUMEN

Este experimento se inició el día 28 de Agosto de 1986, estableciéndose en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el Municipio de Marín, N.L.

Los objetivos planteados son: Determinar el comportamiento de la bacteria Rhizobium phaseoli bajo condiciones de riego respecto al rendimiento; Evaluar el nitrógeno total acumulado y nitrógeno disponible para el siguiente ciclo agrícola.

De acuerdo a los objetivos, la hipótesis formulada es la siguiente: Existe diferencia entre las cepas de Rhizobium phaseoli para el frijol en cuanto a peso de la planta (g), peso de las vainas con grano (g), peso de los granos (g), número de vainas por planta, número de granos por vaina, número de granos por planta, altura de la planta (cm) y nitrógeno de la parte aérea.

Se probaron cinco tratamientos consistentes en cuatro diferentes cepas de Rhizobium phaseoli y un testigo, totalizando así los cinco tratamientos, los cuales se distribuyeron de una manera aleatoria en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Para obtener el efecto de los tratamientos se analizaron los siguientes parámetros:

- Peso de la planta (g).
- Peso de las vainas con granos (g)
- Peso de los granos (g).
- Número de vainas por planta
- Número de granos por vaina
- Número de granos por planta
- Altura de planta (cm).
- Nitrógeno de la parte aérea

Los materiales utilizados fueron los siguientes:

1. Cuatro diferentes cepas de la bacteria Rhizobium phaseoli
 - Cepa FM 114
 - Cepa FM 335
 - Cepa FM 138
 - Cepa FM 332
2. Semilla de frijol variedad Selección #4
3. Aperos de labranza necesarios.

De los análisis estadísticos se observó que no hubo diferencia estadísticamente significativa en ninguna de las variables analizadas. Esta falta de significancia se puede atribuir a diversos factores como: falta de adaptación de las cepas al ambiente que prospera en la localidad, no especificidad de la cepa para el cultivo, viabilidad de la bacteria, así como también posibles fallas durante la inoculación de la semilla. Además que la bacteria pudo haber sido afectada en su desarrollo por alguna cepa nativa.

La cosecha se efectuó el día 5 de Diciembre de 1986, tomando 10 plantas al azar de cada parcela útil, obteniéndose el rendimiento en kilogramos de grano seco por 10 plantas, transformándose después a kg/ha.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. AGUERO M., J. y LOPEZ A., R. 1985. Evaluación de cinco cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L) en Marín, N.L. Tesis profesional. Facultad de Agronomía, UANL. México.
2. AGUILERA M., R.G. 1975. Evaluación del efecto simbiótico de 14 cepas de Rhizobium phaseoli en tres variedades mejoradas de frijol negro en Guatemala. Resúmenes Analíticos sobre Frijol (Phaseolus vulgaris L.). CIAT. Vol. VI, 1981. p. 247.
3. ALEXANDER, MARTIN. 1980. Introducción a la microbiología del Suelo. Ed. Agt. Editor, S.A. México pp. 326-350.
4. BENET IGLESIAS, J. 1984. Efecto de la persistencia de cepas de Rhizobium phaseoli en base a la nodulación en el cultivo del frijol. Tesis profesional U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila. México. pp. 31-40.
5. BERGEY'S. 1974. Manual of determinate bacteriology. 8a. Ed. The Williams and Wilkins Company- Baltimore. pp. 261-264.
6. BROCK D., THOMAS. 1978. Biología de los Microorganismos. 2a. edición. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España. pp. 441-450.
7. BUCKMAN O., H. y BRADY C., N. 1970. Naturaleza y propiedades

- de los suelos. Ed. Montaner y Simon, S.A. Barcelona, España. pp. 427-430.
8. BURDON K., L. y WILLIAMS P., R. 1976. Microbiología. Ed. Publicaciones Cultural, S.A. México, D.F. pp. 352-353.
 9. BURGÉS, A. 1960. Introducción a la microbiología del suelo. Editorial Acribia. Zaragoza, España. p. 152.
 10. CARDENAS RAMOS, F. 1984. Clasificación preliminar de los frijoles en México. Ed. SARH, INIA. México, D.F. pp. 5-7.
 11. CASSERES, E. 1966. Producción de Hortalizas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Lima, Perú.
 12. CUAUTLE F., M.E. 1979. Efecto de la fertilización, fumigación del suelo e inoculación con Rhizobium sobre la nodulación, contenido de nitrógeno y rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis de M.C., Colegio de Postgraduados Chapingo, México pp. 95-96.
 13. ECHEGARAY ALEMAN, A. et al. 1966. Movimiento y nitrificación de fertilizantes nitrogenados en algunos suelos de México. Agrociencia Vol. 1 No. 1, 1966. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo, México. pp. 116-117.
 14. GARCIA D., S. y MARTINEZ M., R. 1986. Evaluación de cinco cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1984. Tesis profesional

Facultad de Agronomía, UANL, México p. 35.

15. GONZALEZ CAMARGO, H. et al. 1968. Nitrificación en algunos suelos de México. *Agrociencia* Vol. 3 No. 1, 1968. Colegio de Postgraduados ENA. Chapíngo, México. pp 130-131.
16. GRAHAM P., H. et al. 1982. The international bean inoculation trial: results for the 1978-1979 trial. (Ensayo internacional de inoculación de frijol: resultados del ensayo 1978-1979). *Resúmenes Analíticos sobre frijol (Phaseolus vulgaris L.)* CIAT. Vol. IX No. 2, 1984. p. 89.
17. GROS, ANDRE. 1976. *Abonos, guía práctica de la fertilización*. 6a. edición. Ed. Mundiprensa. Madrid, España. pp. 127, 136.
18. LEPIZ I., R. y NAVARRO S., F.J. 1983. *Frijol en el noreste de México*. Ed. SARH. Culiacán, Sinaloa. México. pp. 29-43.
19. MATEO BOX, J.M. 1961. *Leguminosas de grano*. Ed. Salvat editores, S.A. Barcelona, España. pp. 481-492.
20. MIRANDA COLIN, S. 1967. Origen de (Phaseolus vulgaris L.). frijol común. *Agrociencia* Vol. 1 No. 2, 1967. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapíngo, México pp. 99-101.
21. NASSAR, S. et al. 1972. Defecto de la nodulación de Phaseolus vulgaris L. en los suelos egipcios cultivados con

- vegetales. Resúmenes Analíticos sobre Frijol (Phaseolus vulgaris L.) CIAT, Vol. X, No. 1, 1985. p. 105.
22. ORTIZ VILLANUEVA, B. 1975. Edafología. Editorial Patena, A.C. Chapingo, México. pp. 103-104.
23. PEREZ T., H. 1980. Algunos aspectos biológicos de la asociación simbiótica Phaseolus vulgaris L - Rhizobium phaseolis. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
24. RAMIREZ C., L. 1981. Efecto del Sulfato Ferroso ($FeSO_4$) sobre los componentes del rendimiento de una variedad de hábito semideterminado de frijol (Phaseolus vulgaris L.) creciendo en suelo alcalino. Tesis profesional. Facultad de Biología, UANL. México. pp 10-12.
25. ROBLES SANCHEZ, R. 1983. Producción de granos y forrajes. 4a. edición. Ed. Limusa. México, D.F. pp. 541-572.
26. RUIZCORONAZ, M. et al. 1966. Tratado elemental de botánica. Editorial ECLALSA. México, D.F. pp. 621-623.
27. RUSSELL J., E. y WALTER R., E. 1959. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Editorial Aguilar. Madrid, España. 343-393.
28. SALLE A., J. 1965. Bacteriología. 2a. edición. Editorial Gustavo Gil, S.A. Barcelona, España. pp. 684-703.
29. SANCHEZ MARROQUIN, A. 1964. Microbiología Agrícola. Escuela

Nacional de Agricultura. Colegio de Postgraduados Chapingo, México. pp. 100, 101, 116, 117 y 128-132.

30. S.A.R.H. 1980. Principales Plagas del Frijol. SARH. Dirección General de Sanidad Vegetal. México, D.F. p. 3
31. S.A.R.H. 1985. Guía para cultivar frijol de riego en el centro y sur de Guanajuato. SARH. Campo Experimental del Bajío. Celaya, Gto., México.
32. S.E.P. 1980. Cómo hacer mejor el cultivo del frijol. Año II, Vol. VI. No. 109 pp 1,7.
33. S.E.P. 1986. Frijol y Chicharo. Editorial Trillas. México, D.F. pp. 21, 22 y 41.
34. TISDALE L., S. y NELSON L., W. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial UTEHA, S.A. de C.V. Barcelona, España. pp. 139-160.
35. WHYTE R., O. et al. 1968. Las leguminosas en la agricultura. 2a. edición. FAO (c1955). Impreso en Yugoslavia. pp. 193-209.

X. APENDICE

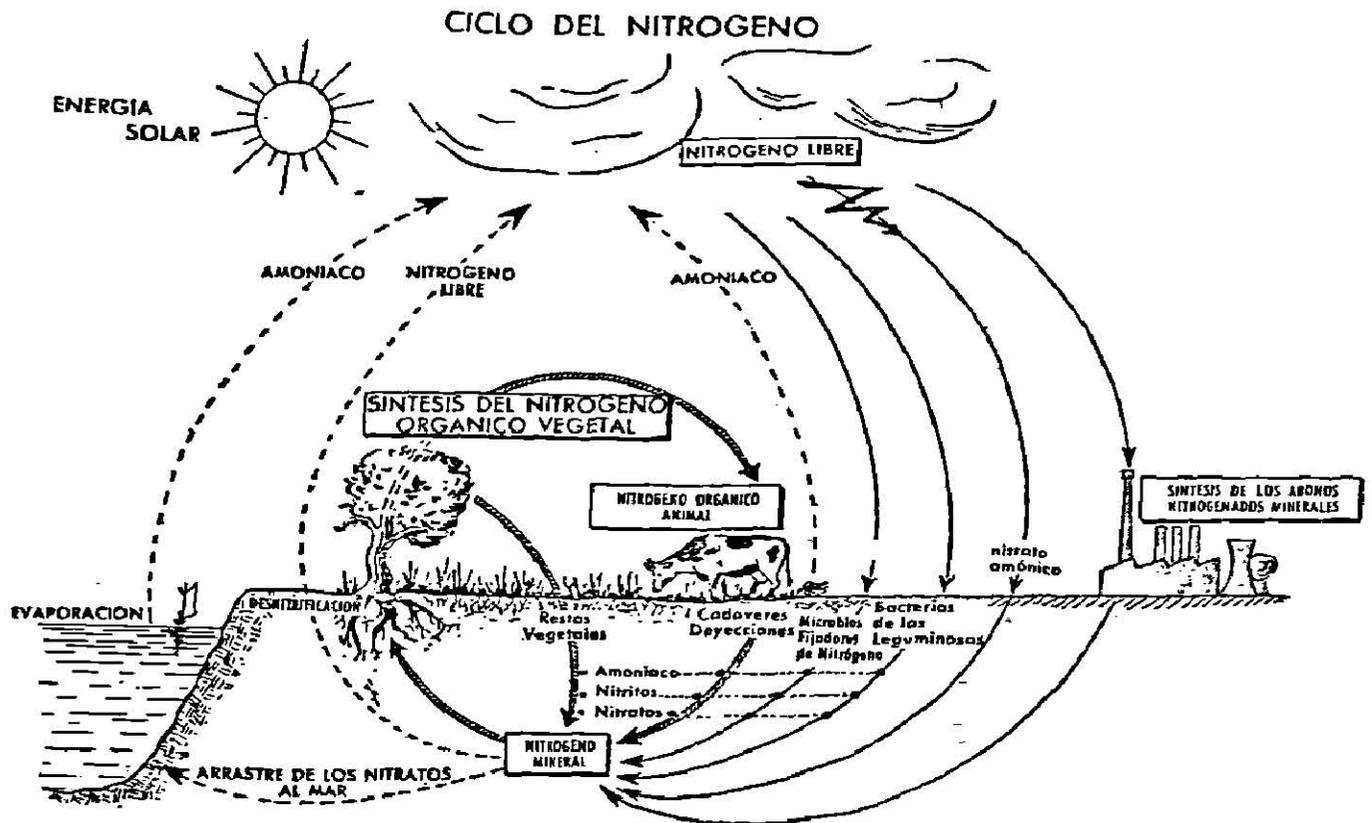


FIGURA 1. Características principales del ciclo del nitrógeno (Gros, 1976).

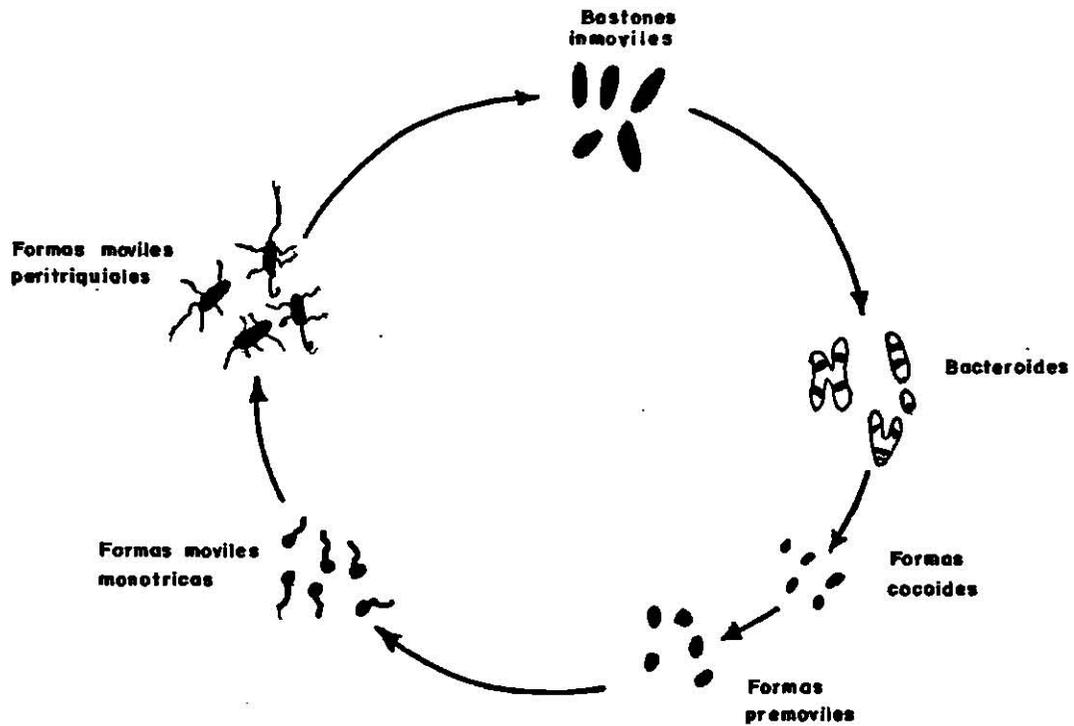


FIGURA 2. Ciclo del Rhizobium leguminosarum mostrando su pleomorfismo (Rubio y Tejerima, citados por Sánchez, 1964)

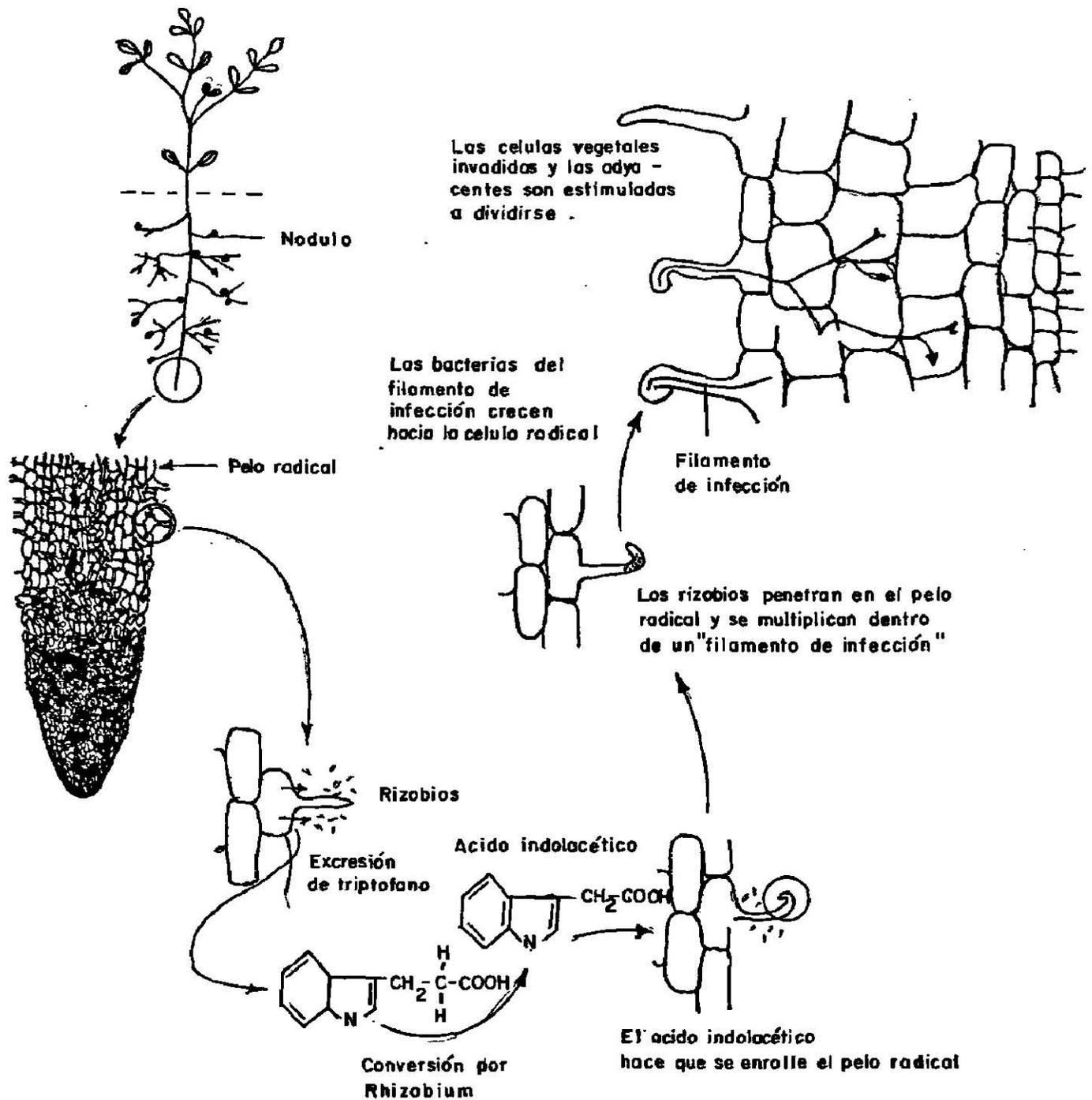


FIGURA 3. Etapas de la infección y desarrollo de los nódulos radiculares. (Brock, 1978).

DISEÑO EXPERIMENTAL
BLOQUES COMPLETOS AL AZAR

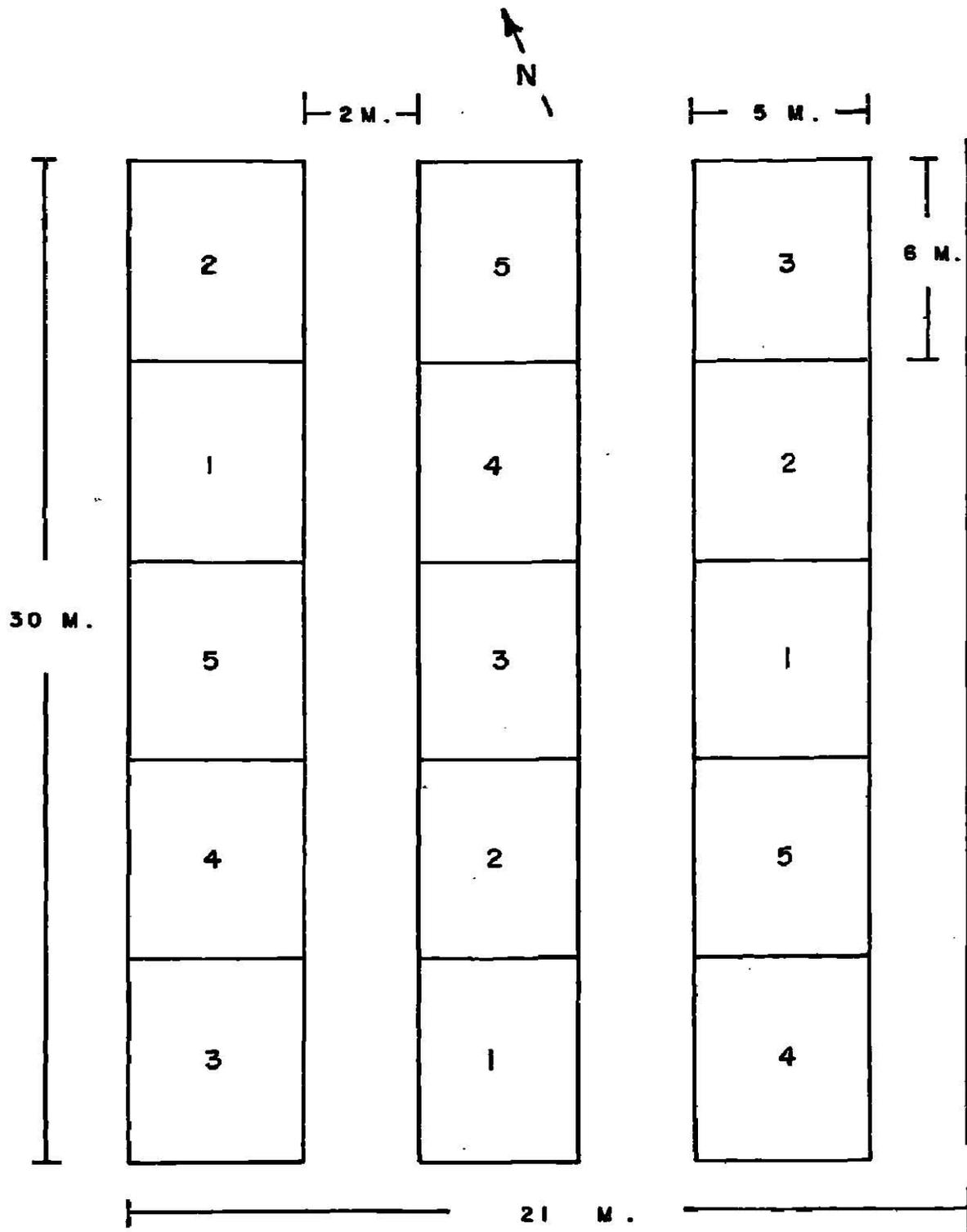


FIGURA 4. Dimensiones y distribución aleatoria de los tratamientos en el campo. Evaluación de cuatro cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en Pruebas Cruzadas Marín, N.L. Ciclo Tardío 1986.

TABLA 1. Clasificación de los grupos de inoculación de las asociaciones Rhizobium-leguminosa, emitido por Stevenson, citado por Tisdale, (1982) (34).

<u>Especie de Rhizobium</u>	Grupo al que puede inocularse	Género Huesped	Leguminosas incluidas
<u>R. meliloti</u>	Alfalfa	<u>Medicago</u> <u>Melilotus</u> <u>Trigonella</u>	Alfalfa Trébol dulce Fenogriego
<u>R. trifolii</u>	Trébol	<u>Trifolium</u>	Trébol
<u>R. leguminosarum</u>	Chícharo	<u>Pisum</u> <u>Vicia</u> <u>Lanthyrus</u> <u>Lens</u>	Chícharo Haba Guisante dulce Lenteja
<u>R. phaseoli</u>	Frijol	<u>Phaseolus</u>	
<u>R. lupini</u>	Altramuz	<u>Lupinus</u> <u>Orithopus</u>	Altramuz Serradella
<u>R. japonicum</u>	Soya Guisante vacuno*	<u>Glycine</u> <u>Vigna</u> <u>Lespedeza</u> <u>Crotolaria</u> <u>Pueraria</u> <u>Arachis</u> <u>Phaseolus</u>	Soja Cowpea Lezpedeza Crotolaria Kudzu Cacahuate Frijol lima

(*) Este grupo no ha alcanzado la condición de variedad.

TABLA 2. Características físico-químicas del terreno en donde se desarrolló el experimento. Evaluación de cuatro cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

Determinación	Profundidad 0-30 (cm)	Clasificación Agronómica
pH	7.58	Ligeramente alcalino
Textura:		
Arena %	33.48	Migajón
Limo %	32.00	arcilloso
Arcilla %	34.48	
Materia orgánica	0.76	Pobre
Nitrógeno total %	0.379	Extremadamente pobre
Sales solubles (CE)	1.5	No salino

TABLA 3. Datos de temperatura máximas, mínimas y medias en (°C) durante el período en que se desarrolló el experimento. Agosto-Diciembre de 1986. Marín, N.L.

Mes	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Media (°C)
Agosto	38.9	23.7	31.3
Septiembre	32.8	22.2	27.5
Octubre	27	17	22
Noviembre	23.5	7.3	15.4
Diciembre	17	8	12.5

TABLA 4. Datos de precipitación registrada en (mm) durante el período en que se desarrolló el experimento. Agosto-Diciembre de 1986. en Marín, N.L.

Mes	Precipitación (mm)
Agosto	12.1
Septiembre	189.7
Octubre	89
Noviembre	24.6
Diciembre	77

NOTA: Estos datos se obtuvieron de la Estación Meteorológica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

CUADRO 1. Concentración de datos para peso de planta (g).

Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas.

Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

Tratamiento	Repeticiones			Totales de Tratamientos	X
	I	II	III		
1. Testigo	18.5	13.4	16.9	48.8	16.27
2. Cepa FM 114	19.8	17.1	20.1	57.0	19.0
3. Cepa FM 335	17.2	17.1	17.3	51.6	17.2
4. Cepa FM 138	15.7	19.2	16.2	51.1	17.03
5. Cepa FM 332	18.0	15.5	15.2	48.7	16.23
Total de repeticiones	89.2	82.3	85.7		

CUADRO 2. Análisis de varianza para peso de planta (g). Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.), en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

F.V.	G.L.	S.C.	M.C.	F. calculada	F. teorica
					.05 .01
Media	1	4410.1227			
Tratamiento	4	15.1773	3.7943	1.1577 NS	3.84 7.01
Repetición	2	4.7613	2.3806	0.7264 NS	4.46 8.65
Error	8	26.2187	3.2773		
Total	15	4456.28			

N.S. = No significativo

C.V. = 10.56%

CUADRO 3. Concentración de datos para peso de las vainas con grano (g). Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas de cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

Tratamientos	Repeticiones			Totales de Tratamientos	\bar{X}
	I	II	III		
1. Testigo	113.6	92.6	112.2	317.4	105.8
2. Cepa FM 114	131.6	112.5	117.9	362	120.67
3. Cepa FM 335	114.4	119.8	114.1	348.3	116.1
4. Cepa FM 138	102.2	126.8	88.7	317.7	105.9
5. Cepa FM 332	115.8	102.8	101.6	320.2	106.73
Totales de repetición	577.6	554.5	533.5		

CUADRO 4. Análisis de varianza para peso de vainas con grano (g). Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. calc.	F. teórica
					.05 .01
Media	1	184948.22			
Tratamiento	4	572.1026	143.0256	0.9911 NS	3.84 7.01
Repetición	2	194.628	97.314	0.6743 NS	4.46 8.65
Error	8	1154.4453	144.3056		
Total	15	186869.4			

N.S. = No significativo

C.V. = 10.82%

CUADRO 5. Concentración de datos para rendimiento (g). Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

Tratamientos	Repeticiones			Totales de Tratamientos	\bar{X}
	I	II	III		
1. Testigo	82.3	63.7	83.4	229.4	76.47
2. Cepa FM 114	96.3	79.1	83.9	259.3	86.43
3. Cepa FM 335	82.4	85.8	81.0	249.2	83.07
4. Cepa FM 138	70.0	91.0	64.4	225.4	75.13
5. Cepa FM 332	81.6	69.6	72.7	223.9	74.63
Totales de repeticiones	412.6	389.2	385.4		

CUADRO 6. Análisis de varianza para rendimiento (g). Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. calc.	F. teórica	
					.05	.01
Media	1	93962.923				
Tratamiento	4	336.364	84.091	0.8420 NS	3.84	7.01
Repetición	2	86.789	43.395	0.4345 NS	4.46	8.65
Error	8	798.944	99.868			
Total	15	95185.02				

N.S. = No significativo

C.V. = 12.63%

CUADRO 7. Concentración de datos para número de vainas por planta. Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. . Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

Tratamientos	Repeticiones			Total de Tratamientos	\bar{X}
	I	II	III		
1. Testigo	9.7	9	12	30.7	10.23
2. Cepa FM 114	11.2	10.7	11.4	33.3	11.1
3. Cepa FM 335	10.4	11.0	11.4	32.8	10.93
4. Cepa FM 138	10.2	10.8	10.3	31.3	10.43
5. Cepa FM 332	10.6	10.2	10.8	31.6	10.53
Totales de repetición	52.1	51.7	55.9		

CUADRO 8. Análisis de varianza para número de vainas por planta. Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. . Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. calc.	F. teórica	
					.05	.01
Media	1	1700.2727				
Tratamiento	4	1.5506	0.3876	0.7876 NS	3.84	7.01
Repetición	2	2.1493	1.0746	2.1834 NS	4.46	8.65
Error	8	3.9373	0.4921			
Total	15	1707.91				

N.S. = No significativo

C.V. = 6.59%

CUADRO 9. Concentración de datos para número de granos por vaina. Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

Tratamientos	Repeticiones			Totales de Tratamientos	\bar{x}
	I	II	III		
1. Testigo	5.3	5.5	5.6	16.4	5.47
2. Cepa FM 114	5.5	5.6	6.0	17.1	5.7
3. Cepa FM 335	5.3	5.9	5.8	17.0	5.67
4. Cepa FM 138	5.7	5.7	5.4	16.8	5.6
5. Cepa FM 332	5.7	5.5	5.6	16.8	5.6
Totales de repetición	27.5	28.2	28.4		

CUADRO 10. Análisis de varianza para número de granos por vaina. Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. calc.	F. teórica	
					.05	.01
Media	1	471.5206				
Tratamiento	4	0.096	0.024	0.5 NS	3.84	7.01
Repetición	2	0.0893	0.0446	0.9305 NS	4.46	8.65
Error	8	0.384	0.048			
Total	16	472.09				

N.S. = No significativo

C.V. = 3.91%

CUADRO 11. Concentración de datos para número de granos por planta. Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo tardío de 1986.

Tratamientos	Repeticiones			Totales de Tratamientos	\bar{X}
	I	II	III		
1. Testigo	50.3	49.7	67.3	167.3	55.77
2. Cepa FM 114	61.7	60.2	68.4	190.3	63.43
3. Cepa FM 335	54.5	65.0	66.6	186.1	62.03
4. Cepa FM 138	58.5	62.3	55.7	176.5	58.83
5. Cepa FM 332	60.5	56.1	60.4	177	59
Totales de repetición	285.5	293.3	318.4		

CUADRO 12. Análisis de varianza para número de granos por planta. Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.calc.	F. teórica	
					.05	.01
Media	1	53664.523				
Tratamiento	4	108.0906	27.0226	0.8985 NS	3.84	7.01
Repetición	2	118.217	59.1085	1.9654 NS	4.46	8.65
Error	8	240.5896	30.0737			
Total	15	54131.429				

N.S. = No significativo

C.V. = 9.17%

CUADRO 13. Concentración de datos para altura de la planta (cm). Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

Tratamientos	Repeticiones			Totales de Tratamientos	\bar{X}
	I	II	III		
1. Testigo	22.3	23.8	24.7	70.8	23.6
2. Cepa FM 114	26.1	24.9	26.2	77.2	25.73
3. Cepa FM 335	23.6	26.9	26.4	76.9	25.63
4. Cepa FM 138	25.0	28.0	23.2	76.2	25.4
5. Cepa FM 332	25.7	25.1	23.3	74.1	24.7
Totales de repetición	122.7	128.7	123.8		

CUADRO 14. Análisis de varianza para altura de planta (cm). Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. calc.	F. teórica	
					.05	.01
Media	1	9385.0027				
Tratamiento	4	9.444	2.361	0.8946 NS	3.84	7.01
Repetición	2	4.0813	2.0406	0.7732 NS	4.46	8.65
Error	8	21.112	2.639			
Total	15	9419.64				

N.S. = No significativo

C.V. = 6.50%

CUADRO 15. Concentración de datos para la determinación del nitrógeno total acumulado. Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

Tratamientos	Repeticiones			Totales de Tratamientos	\bar{X}
	I	II	III		
1. Testigo	.8855	.6347	.7985	2.3187	.7729
2. Cepa FM 114	.9477	.8113	.9613	2.7203	.9068
3. Cepa FM 335	.8223	.8169	.8227	2.4619	.8206
4. Cepa FM 138	.7399	.9177	.7649	2.4225	.8075
5. Cepa FM 332	.8591	.7411	.7121	2.3123	.7708
Totales de repetición	4.2545	3.9217	4.0595		

CUADRO 16. Análisis de varianza para la determinación del nitrógeno total acumulado. Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. calc.	F. teórica	
					.05	.01
Media	1	9.9808				
Tratamientos	4	.0367	.0091	1.1098 NS	3.84	7.01
Repetición	2	.0112	.0056	.6829 NS	4.46	8.65
Error	8	.0657	.0082			
Total	15	10.0944				

N.S. = No significativo

C.V. = 11.10%

TABLA 5. Determinación del nitrógeno de la planta. Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

Esta determinación se hizo en base a la siguiente fórmula, propuesta por Ortíz (1975).

$$N = \frac{M.O.}{20}$$

Donde:

N = Nitrógeno total

MO = Peso seco de la planta

20 = Constante que proviene de la relación C/N 2:1

	Peso seco de la planta (M.O.)	Constante C/N 2:1 (20)	=	Nitrógeno de la planta
R ₁ T ₁	18.5 g	20		0.925 g/p
R ₁ T ₂	19.8 g	20		0.990 g/p
R ₁ T ₃	17.2 g	20		0.860 g/p
R ₁ T ₄	15.7 g	20		0.785 g/p
R ₁ T ₅	18.0 g	20		0.900 g/p
R ₂ T ₁	13.4 g	20		0.670 g/p
R ₂ T ₂	17.1 g	20		0.855 g/p
R ₂ T ₃	17.1 g	20		0.855 g/p
R ₂ T ₄	19.2 g	20		0.960 g/p
R ₂ T ₅	15.5 g	20		0.775 g/p
R ₃ T ₁	16.9 g	20		0.845 g/p
R ₃ T ₂	20.1 g	20		1.005 g/p
R ₃ T ₃	17.3 g	20		0.865 g/p
R ₃ T ₄	16.2 g	20		0.810 g/p
R ₃ T ₅	15.2 g	20		0.760 g/p

TABLA 6. Cálculo del nitrógeno consumido por la planta. Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

	Nitrógeno del suelo (antes de la siembra)	-	Nitrógeno del suelo (después de la cosecha)	=	+ F.C.*	Nitrógeno con sumido por la planta
	(%)		(%)			(g)
R ₁ T ₁	.0379		.0364	.0015	.038	.0395
R ₁ T ₂	.0379		.0336	.0043	.038	.0423
R ₁ T ₃	.0379		.0392	-.0013	.038	.0367
R ₁ T ₄	.0379		.0308	.0071	.038	.0451
R ₁ T ₅	.0379		.0350	.0029	.038	.0409
R ₂ T ₁	.0379		.0406	-.0027	.038	.0353
R ₂ T ₂	.0379		.0322	.0057	.038	.0437
R ₂ T ₃	.0379		.0378	.0001	.038	.0381
R ₂ T ₄	.0379		.0336	.0043	.038	.0423
R ₂ T ₅	.0379		.0420	-.0041	.038	.0339
R ₃ T ₁	.0379		.0294	.0085	.038	.0465
R ₃ T ₂	.0379		.0322	.0057	.038	.0437
R ₃ T ₃	.0379		.0336	.0043	.038	.0423
R ₃ T ₄	.0379		.0308	.0071	.038	.0451
R ₃ T ₅	.0379		.0280	.0099	.038	.0479

(*) El valor del factor de corrección corresponde al nitrógeno de la materia orgánica

$$N(20) = M.O. = N = \frac{M.O.}{20}$$

como se tiene un valor de M.O. de 0.76

$$\text{entonces tenemos que } N = \frac{0.76}{20} = 0.038$$

TABLA 7. Determinación del nitrógeno fijado por la planta. Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

	Nitrógeno de la planta	-	Nitrógeno consumido por la planta	=	Nitrógeno fijado
	(g)		(g)		
R ₁ T ₁	0.925		.0395		.8855 g
R ₁ T ₂	0.990		.0423		.9477 g
R ₁ T ₃	0.860		.0367		.8233 g
R ₁ T ₄	0.785		.0451		.7399 g
R ₁ T ₅	0.900		.0409		.8591 g
R ₂ T ₁	0.670		.0353		.6347 g
R ₂ T ₂	0.855		.0437		.8113 g
R ₂ T ₃	0.855		.0381		.8169 g
R ₂ T ₄	0.960		.0423		.9177 g
R ₂ T ₅	0.775		.0399		.7411 g
R ₃ T ₁	0.845		.0465		.7985 g
R ₃ T ₂	1.005		.0437		.9613 g
R ₃ T ₃	0.865		.0423		.8227 g
R ₃ T ₄	0.810		.0451		.7649 g
R ₃ T ₅	0.760		.0479		.7121 g

TABLA 8. Nitrógeno disponible para el siguiente ciclo de cultivo. Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en pruebas cruzadas. Marín, N.L. Ciclo Tardío de 1986.

	Nitrógeno Fijado	Nitrógeno Disponible
	(g)	(g)
R ₁ T ₁	.8855	.01771
R ₁ T ₂	.9477	.018954
R ₁ T ₃	.8223	.016466
R ₁ T ₄	.7399	.014798
R ₁ T ₅	.8591	.017182
R ₂ T ₁	.6347	.012694
R ₂ T ₂	.8113	.016226
R ₂ T ₃	.8169	.016338
R ₂ T ₄	.9179	.018354
R ₂ T ₅	.7411	.014822
R ₃ T ₁	.7985	.01597
R ₃ T ₂	.9613	.019226
R ₃ T ₃	.8227	.016454
R ₃ T ₄	.7649	.015298
R ₃ T ₅	.7121	.014242

Del nitrógeno fijado, el 2% se libera y queda disponible para el siguiente ciclo.

