

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE 5 CEPAS DE Rhizobium phaseoli EN
FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.) EN MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

HECTOR MELENDEZ RUIZ

MARIN, N. L.

SEPTIEMBRE DE 1987.

TL

SB327

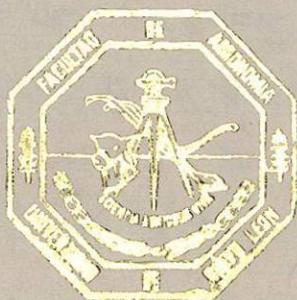
.M44

c.1



1080062591

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE 5 CEPAS DE Rhizobium phaseoli EN
FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.) EN MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

HECTOR MELENDEZ RUIZ

MARIN, N. L.

SEPTIEMBRE DE 1987.

T
SB327
M44

040 635
FAB
1987



Biblioteca Central
Magna Solidaridad



UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

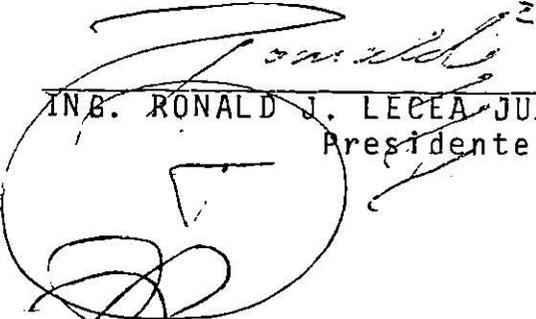
Tesis

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

Tesis realizada en el Proyecto de Fijación Biológica de Nitrógeno comprendido dentro del Programa de Fertilización Estatal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, aprobada por la Comisión Revisadora de Tesis como requisito para optar por el grado de:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

COMISION REVISADORA



ING. RONALD J. LEECA JUAREZ
Presidente



ING.M.C. FRANCISCO RODRIGUEZ E.
Secretario



ING.M.C. MAURO RODRIGUEZ C.
Vocal

DEDICATORIA

A DIOS:

"Gracias señor por tu palabra y por tus divinas enseñanzas que han fortalecido mi espíritu tantas veces.

Gracias por darme la vida a través de mis padres e indicarme el buen camino que me ha permitido alcanzar una meta más para el logro de mi formación humana".

A MIS PADRES:

SR. ANTONIO MELENDEZ REYES

SRA. JOSEFINA RUIZ DE MELENDEZ

Con inmenso amor, agradecimiento por esforzarse en darme lo mejor para mi formación y todo el respeto que se merecen por los consejos que me han manifestado en la vida. Es indudable -- que con palabras no alcanzaría en manifestar-- les mi total afecto y agradecimiento, por los-- grandes sacrificios que pasaron para que mis es-- tudios profesionales llegaran a su culminación.

A MI HERMANO:

BIOL. MARTIN A. MELENDEZ RUIZ

Mi más sincero agradecimiento por la confianza y su apoyo moral que siempre me demostrara en los momentos difíciles de mi carrera.

A MIS HERMANOS:

Jonás y Moisés

A ustedes que son la alegría de la casa, por su amor y cariño que me ha impulsado siempre hacia la superación.

A MI NOVIA:

SRITA. P. MARGARITA MARTINEZ FLORES

Por su amor y comprensión.

A MIS TIOS:

LUDIVINA Y SALVADOR RUIZ RAMIREZ

Con infinito agradecimiento y gran estimación - por su hospitalidad brindada.

A LAS FAMILIAS:

MATA MELENDEZ

GALVAN MELENDEZ

MELENDEZ REYES

Por su amistad y aprecio de siempre, por las --- atenciones prestadas que tantas veces han hecho sentirme uno de ellos.

A MI ABUELO Y CAMPESINO:

VICTORIO RUIZ GONZALEZ

Por haberme inculcado el amor a la agricultura.

A MIS MAESTROS,

A MI ESCUELA.

AGRADECIMIENTOS

A MI ASESOR:

ING. RONALD J. LECEA JUAREZ

Por sus valiosas sugerencias en la planeación,
dirección y revisión del presente trabajo.

A MIS MAESTROS:

ING.M.C. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL

ING.M.C. MAURO RODRIGUEZ CABRERA

Por las orientaciones y facilidades prestadas pa
ra la revisión de este trabajo.

A LA SRA.

ROSA ELIA PEREZ RENDON

Por su labor mecanográfica.

A MIS MAESTROS, AMIGOS Y COMPAÑEROS:

Con quienes compartí una parte importante de mi-
vida, así como a todas aquellas personas que de
una u otra forma participaron en la realización-
de este trabajo.

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. El frijol.....	3
2.1.1. Importancia del cultivo del frijol ---- (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.).....	3
2.1.2. Origen.....	4
2.1.3. Clasificación taxonómica.....	4
2.1.4. Características morfológicas.....	5
2.1.5. Requerimientos climáticos del cultivo..	7
2.1.5.1. Temperatura.....	7
2.1.5.2. Suelo.....	7
2.1.5.3. Humedad.....	8
2.1.5.4. pH.....	8
2.1.5.5. Fotoperíodo.....	8
2.1.5.6. Altitud.....	9
2.2. El nitrógeno.....	9
2.2.1. Ciclo del nitrógeno.....	9
2.2.2. Mineralización.....	11
2.2.3. Nitrificación.....	11
2.2.4. Desnitrificación.....	12
2.3. Conocimientos generales sobre el género <u>Rhizo--</u> <u>bium</u>	13
2.3.1. Descripción general de <u>Rhizobium</u>	13
2.3.2. Clasificación taxonómica de <u>Rhizobium</u> ..	13
2.3.3. Morfología.....	14

	Pág.
2.3.4. Ciclo de vida.....	14
2.3.5. Origen.....	15
2.3.6. Especificidad.....	15
2.4. Fijación simbiótica de nitrógeno.....	16
2.4.1. Relación planta-bacteria.....	16
2.4.2. Interacción inicial.....	16
2.4.3. Formación del nódulo.....	17
2.4.4. Fijación de nitrógeno en los nódulos....	18
2.5. Factores que afectan el proceso de nodulación- y la fijación de nitrógeno.....	19
A) Factores físicos.....	19
B) Factores químicos.....	20
C) Factores biológicos.....	21
2.6. Trabajos afines.....	22
III. OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	25
IV. MATERIALES Y METODOS.....	26
4.1. Localización del sitio experimental y condicio- nes climáticas.....	26
4.2. Características edáficas del sitio experimental	26
4.3. Características agronómicas de la variedad Deli- cias 71.....	27
4.4. Descripción del diseño experimental y tratamien- tos.....	27
4.5. Preparación del terreno.....	28
4.6. Inoculación.....	29
4.7. Siembra.....	29

	Pág.
4.8. Labores de cultivo.....	29
4.9. Riego.....	30
4.10. Cosecha.....	30
4.11. Variables estudiadas.....	30
V. RESULTADOS.....	32
VI. DISCUSION.....	34
VII. CONCLUSIONES.....	36
VIII. RECOMENDACIONES.....	37
IX. RESUMEN.....	38
X. BIBLIOGRAFIA.....	40
XI. APENDICE.....	46

INDICE DE CUADROS, TABLAS Y FIGURAS

CUADRO	Contenido	Pág.
1	Concentración de datos para peso de las plantas en gramos. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.....	47
2	Análisis de varianza para peso de plantas en gramos. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.....	47
3	Concentración de datos para número de vainas por planta. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.....	48
4	Análisis de varianza para número de vainas por --- planta. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.....	48
5	Concentración de datos para número de granos por vaina. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.....	49
6	Análisis de varianza para número de granos por vaina. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.....	49

	Pág.
7 Concentración de datos para peso de vainas con grano (g./vainas con grano). Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol, Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.....	50
8 Análisis de varianza para peso de vainas con grano (g./vainas con grano). Evaluación de 5 cepas de -- <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo -- temprano 1985.....	50
9 Concentración de datos para rendimiento en grano - (g./p.). Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985....	51
10 Análisis de varianza para rendimiento en grano -- (g./p.). Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985....	51
11 Concentración de datos para el % de nitrógeno. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.....	52
12 Análisis de varianza para el % de nitrógeno. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.....	52

13	Grupos de inoculación cruzada y asociaciones de <u>Rhizobium-Leguminosa</u>	53
14	Datos de precipitación (mm) en Marín, N.L. de Marzo a Junio de 1985.....	54

TABLA

1	Determinación del nitrógeno de la planta.....	55
2	Cálculo del nitrógeno consumido por la planta del suelo.....	56
3	Transformación de N. Consumido por la planta. (Porcentaje a gramos).....	57
4	Determinación del nitrógeno fijado por la bacteria en la planta.....	58
5	Determinación del nitrógeno total fijado por tratamiento y repetición.....	59
6	Resultados del análisis de suelo realizados en el sitio experimental. Marín, N.L.....	60

FIGURA

1	Ciclo del nitrógeno.....	61
2	Etapas de la formación de un nódulo radical.....	62
3	Datos de temperaturas medias, mínima, máxima y media en °C, del mes de Marzo a Junio de 1985. Marín, N.L	63
4	Distribución al azar de los tratamientos en el campo. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.....	64

I. INTRODUCCION

La crisis por la que está pasando nuestro país y entre cuyas causantes está una deficiente producción de alimento, ha ocasionado que la dieta de la mayoría de las familias mexicanas se vea deteriorada. Es por ello necesario incrementar la investigación en la producción de granos básicos, dentro de los cuales se encuentra el frijol común (Phaseolus vulgaris L.), el cual es de suma importancia en la nutrición humana, ya que contiene una elevada proporción de proteína (20.0-25.0%), sirviendo como sustituto de las escasas proteínas derivadas de animales.

De acuerdo con el Departamento de Estadística de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en México el cultivo del frijol ocupa el segundo lugar en importancia, después del maíz. Más sin embargo, no se ha podido lograr la autosuficiencia en este cultivo, ya que los rendimientos obtenidos actualmente por unidad de superficie son relativamente bajos en la mayoría de las áreas donde se explota.

Por lo tanto, siendo el frijol una fuente rica de proteína barata y de fácil obtención comparada con la de origen animal, es de primordial importancia procurar elevar la producción de esta leguminosa.

La fertilización juega un papel importante en el desarrollo de los cultivos, ya que una adecuada fertilización ayudará a incrementar los rendimientos.

Es ampliamente conocido el hecho de que el nitrógeno es uno de los nutrientes más importantes para el desarrollo adecuado de las plantas, debido al gran número de compuestos orgánicos que lo contienen como parte de su estructura. Tal es el caso de los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, citocromos y muchos otros, cuyas funciones son de relevante importancia en el metabolismo como las hormonales, enzimáticas o catalíticas y estructurales, entre otras.

No obstante de que el nitrógeno es el elemento más abundante en la atmósfera, paradójicamente lo encontramos como la principal limitante para la producción de los cultivos, ya que es muy común encontrar tanto en México, como en numerosas partes del mundo, suelos con deficiencia de dicho elemento, de tal forma puede decirse que la respuesta de los cultivos a la fertilización nitrogenada es general. Esto, aunado al grave problema del aumento continuo del costo de los fertilizantes nitrogenados, hace imperiosa la necesidad de intensificar la investigación sobre otras alternativas prometedoras. Entre las cuales se encuentran la fijación biológica de nitrógeno atmosférico.

El frijol tiene la capacidad de asociarse en forma simbiótica con bacterias del género Rhizobium y fijar nitrógeno atmosférico, pero solo realizan su función cuando se hallan asociadas con las leguminosas, por ésta razón se le ha llamado a este proceso: "Fijación Simbiótica de Nitrógeno", por lo que, mediante el manejo adecuado de dicho proceso, se puede tener un ahorro parcial de los fertilizantes nitrogenados.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. El frijol

2.1.1. Importancia del cultivo del frijol.

El cultivo del frijol es de los más importantes ya que después del maíz ocupa el segundo lugar como alimento básico en la dieta del pueblo mexicano (Crispín, 1967).

El frijol (Phaseolus vulgaris L.) se cultiva esencialmente para obtener las semillas, las cuales tienen un alto contenido de proteínas. Estas pueden ser consumidas tanto inmaduras como secas. También puede consumirse la vaina entera inmadura, ya que el frijol es parte importante de la dieta alimenticia en -- Centro y Sudamérica (Crispín, 1967).

Por ser parte esencial en la dieta del mexicano, sin importar su nivel social, se cultiva en casi todo el país.. El frijol tiene otros múltiples usos en la agricultura, por ejemplo como abono verde, forrajes, ensilado, etc. (Sánchez, 1974).

Bressani (1972), señala que el frijol está considerado de buena calidad nutricional, por contener proteínas y aminoácidos. Menciona 12 tipos de aminoácidos que contienen las leguminosas, en las cuales varía enormemente el contenido de estas sustancias según la variedad.

Al respecto cabe señalar que el contenido de proteína del frijol oscila entre el 19.2 a 27.9% Bressani (1967).

2.1.2. Origen.

Por mucho tiempo fue incierto el origen del frijol (Phaseolus vulgaris L.), hasta 1853, Linnaeus es el primero que define su criterio en cuanto al origen de P. vulgaris, estableciéndolo en Asia Occidental, siendo hasta 1866 cuando DeCandolle la dio a conocer como una planta de origen Americano y específicamente de América del Sur, América Central, el sur de México (incluyendo las Antillas) hasta el Perú, Ecuador y Bolivia. En la actualidad sigue confuso su origen en el continente americano ya que se han encontrado restos de plantas desde Estados Unidos hasta Argentina y Perú (Miranda, 1967).

Posteriormente se estableció por Vavilov (1949-1950) el centro de diversificación de la planta, situándola entre la región de México y Guatemala. Establecido este centro de diversificación, sirvió de base para los estudios posteriores, definiéndose que una región del Occidente de México y parte de Guatemala a una altura de 1,200 metros sobre el nivel del mar, dio origen a P. vulgaris (Miranda, 1967).

2.1.3. Clasificación taxonómica.

Según CIAT.

Orden:	Rosales
Familia:	Leguminosae
Sub-familia:	Papilionoideae
Tribu:	Faseoleae

Sub-tribu: Faseolineae
 Género: Phaseolus
 Especie: vulgaris

2.1.4. Características morfológicas.

Las principales especies de frijol que se cultivan en Méxi-
 co son: frijol común (P. vulgaris L.); frijol ayocote (P. cocci-
 neus L.); frijol tepary (P. acutifolius GC); y el frijol lima -
 (P. lunatus L.). Sin embargo, la especie más importante desde-
 el punto de vista agrícola es la primera, la cual ha recibido -
 diferentes nombres de acuerdo a la región o país en que se cul-
 tiva, tales como: frijol común, judía, alubia, frijol habichue-
 la, poroto, caraota, etc. (Robles, 1979; Messiaen, 1979).

El frijol común (P. vulgaris L.) es anual, aunque puede --
 haber plantas perennes, tanto en la especie antes mencionada, -
 como también en P. coccineus y P. lunatus L. (Miranda, 1967).

Según CIAT.

Raíz.- La raíz es típica ó pivotante ramificada en su origen, -
 en la que después se notan nudosidades bacterianas que fijan el
 nitrógeno atmosférico, estas nudosidades son producidas por mi-
 croorganismos del género Rhizobium.

Tallo.- El tallo es herbáceo, de crecimiento determinado o inde-
 terminado, con pelos cortos y rígidos que favorecen su adhe-
 sión a su soporte.

Hojas.- Las hojas exceptuando las dos primeras, son compuestas,
 alternas, pecioladas, compuestas por 3 foliolos ovoides-agudos -

cuando, son jóvenes y escotados en su base después de color verde claro, provistas de estípulas y estipulillas persistentes.

Flores.- Son de forma amariposada (papilionadas), de color variado, según sea la variedad (rojo, blanco, amarillo, púrpura, etc.) y se agrupan en racimos cortos, que aparecen en la axila de las hojas o en la parte terminal de la planta.

Caliz: Pequeño con cinco sépalos, gamosépalo.

Corola: Dialipétala.

Estambres: Diez, nueve unidos y uno libre.

Ovario: Unicular, de 6 a 7 óvulos.

Fruto.- Es una vaina o legumbre (ejote) colgante de 10 a 15 cms. de longitud, está depende de la cantidad y separación de las semillas; puede ser recta o arqueada, comprimida, se abre en dos valvas.

Semillas.- Son de forma variable, generalmente reniforme, curva oblonga, más o menos comprimida y de diversos colores, dependiendo de la variedad (blanco, bayo, negro, rojo, etc.). La semilla proviene de un óvulo compilótropo, carece de endospermo y consta de testa y embrión. La testa proporciona protección al embrión, éste se situa dentro de la semilla entre los cotiledones, con la radícula orientada hacia el micrópilo y la plúmula hacia el interior del grano.

Aspectos morfoagronómicos.

Fecundación.- Phaseolus vulgaris L., es una especie anual y autógama, pero el cruzamiento natural puede ocurrir en dife--

rentes gradientes según sea la variedad, la distancia entre las plantas, las condiciones ambientales de la localidad y la época del año. Este puede ser de 0.1 a 5% (Crispín, 1960; Miranda, - 1967).

Ciclo de vida.- Con respecto al ciclo vegetativo las variedades de frijol se clasifican en:

Precoces: 80 a 100 días

Intermedias: 100 a 110 días

Tardías: 110 a 130 días (S.E.P., 1981).

2.1.5. Requerimientos climáticos del cultivo.

2.1.5.1. Temperatura.- Las altas temperaturas y en particular el tiempo muy seco, dificultan la fructificación, las semillas --- abortan y las vainas se deforman. Además las siembras muy tempranas exponen a las plantas a riesgos de heladas tempranas; Las temperaturas mínimas requeridas para su desarrollo son las-- siguientes: para germinar de 8°C; para florear 15°C y para madurar 18°C, por abajo de dichas temperaturas se presentan dificul tades para el desarrollo de la planta (Mèssiaen, 1979).

2.1.5.2. Suelo.- Prospera bien en suelos de textura ligera, profundos, siendo esencial la condición del drenaje para evitar la pudrición radicular (Francis, 1981; S.A.R.H., 1976).

El frijol común, se da en suelos cuya textura varía de fran cos arenosos hasta arcillas pesadas. Los suelos pesados son fre cuentemente húmedos y fríos causando un crecimiento lento en las

leguminosas; lo contrario sucede en suelos ligeros, donde el -- crecimiento se acelera obteniéndose una producción temprana --- (Crispín, 1979).

2.1.5.3. Humedad.- La mayor parte de las variedades de frijol - exigen agua abundante (600-800 mm de precipitación por ciclo pa - ra su óptimo desarrollo).

Las semillas requieren un suelo húmedo para obtener una -- buena germinación y debe suministrarse agua durante los perío-- dos críticos de desarrollo de la planta como lo son: al princi-- pio de la floración y cuando las vainas empiezan a llenarse.

2.1.5.4. pH.- El cultivo del frijol prospera mejor en suelos - con un pH ácido de 5.5 a 6.5 y en suelos alcalinos hasta un pH - de 7.8 (Mortensen, 1975).

2.1.5.5. Fotoperíodo.- Phaseolus vulgaris L. se clasifica den-- tro de las plantas que requieren una corta duración del período de luz (8 horas/día) (Rojas, 1979). Aunque el efecto del foto-- período sobre la floración no es importante ya que la mayoría - de las variedades que existen actualmente son indiferentes a és-- te. Algunos genotipos sí se cultivan en lugares de día largo - se ven afectados en forma indirecta en el rendimiento ya que se provoca un abundante desarrollo vegetativo, disminuyendo el re-- productivo.

En lo que se refiere a la intensidad de la luz necesaria - para la planta, ésta tendrá que ser la adecuada ya que tiene un

efecto indirecto en la fotosíntesis y la respiración (fotorespiración), el equilibrio de los anteriores procesos implica la existencia adecuada de fotosintatos para el buen desarrollo de la planta (Edmon, 1976).

2.1.5.6. Altitud.- Se desarrolla bien en alturas que van desde los 500 m.s.n.m. hasta los 1500 m.s.n.m. (Messiaen, 1979).

2.2. El nitrógeno

2.2.1. Ciclo del nitrógeno.

La fuente de nitrógeno para la síntesis de aminoácidos y proteínas son los nitratos del suelo y el agua. Estos nitratos son absorbidos por las plantas y pasan a formar parte de los aminoácidos y proteínas. Las plantas pueden ser ingeridas por los animales, que a su vez emplean los aminoácidos de las proteínas vegetales para sintetizar sus propias proteínas y algunos otros compuestos nitrogenados. Cuando mueren los animales o las plantas, las bacterias de la putrefacción transforman el nitrógeno de sus proteínas y otros compuestos en amoníaco. Los animales excretan varios tipos de productos de desecho a base de nitrógeno (urea y ácido úrico) y las bacterias mencionadas transforman estos productos en amoníaco. Casi todo este elemento es transformado en nitritos por las bacterias nitrificantes; pasa luego a nitratos por acción de las bacterias correspondientes con lo que se completa el ciclo. Las bacterias desnitrificantes transforman parte del amoníaco en nitrógeno atmosférico. Este último puede ser fijado y transformado en compues

tos orgánicos de nitrógeno como aminoácidos por algunas algas - verdeazules (Nostoc y Anabaena) y por las bacterias del suelo - Azotobacter y Clostridium.

Otras bacterias del género Rhizobium, aunque no pueden fijar el nitrógeno atmosférico por sí mismas, logran este resultado si se combinan con células de las raíces de leguminosas como chícharos y habas. Las bacterias invaden las raíces y estimulan la formación de nódulos radiculares, variedad de tumor inofensivo. La unión entre la célula de la leguminosa y la bacteria puede fijar nitrógeno atmosférico (lo que no podrían hacer ninguna de las dos por separado) y por esta razón se suelen plantar legumbres para elevar la fertilidad del suelo al aumentar el contenido de nitrógeno fijado.

El nitrógeno atmosférico también puede ser fijado por la energía eléctrica, bien sea por los rayos o producida por el hombre. Aunque el 80% de la atmósfera esté formado por nitrógeno, ningún animal ni planta, con las excepciones mencionadas, pueden utilizar este elemento en su forma gaseosa. Cuando los cuerpos de las bacterias que fijan nitrógeno son atacados por otras bacterias, los aminoácidos son metabolizados hasta amoníaco, que a su vez es transformado por bacterias en nitritos y nitratos; en esta forma se completa el ciclo.

El nitrógeno en el suelo sigue el ciclo por tres caminos - muy importantes, los cuales son: mineralización, nitrificación y siguiendo el proceso de pérdida del nitrógeno el cual se denomina desnitrificación.

2.2.2. Mineralización.

El cambio de los compuestos orgánicos nitrogenados a una forma inorgánica o mineral, sales de amonio o nitratos se le llama mineralización. Muchos tipos de bacterias del suelo, actinomicetos y hongos son responsables de éste proceso, el cual en algunos aspectos es análogo a la respiración de los compuestos orgánicos con desprendimiento de Dioxido de Carbono. Es un método por el cual los microorganismos que crecen sobre un sustrato rico en nitrógeno, tal como proteínas o ácidos nucleicos, se desprenden del exceso de nitrógeno. Durante este proceso puede haber una liberación de amonio gaseoso a la atmósfera, pero esto sólo es probable en suelos alcalinos a los que se ha añadido grandes cantidades de estiércol o fertilizantes nitrogenados, o durante la descomposición de grandes masas de material rico en nitrógeno como el estiércol de corral. La mineralización del nitrógeno, con desprendimiento de amonio o formación de sales amoniacaes se llama con frecuencia amonización y a los organismos responsables amonificantes.

2.2.3. Nitrificación.

La nitrificación es la conversión de las sales de amonio en nitritos y nitratos. El nitrógeno es absorbido principalmente por las plantas como nitrato, y por esta razón el proceso mediante el cual se forman los nitratos en el suelo es muy importante.

Es un proceso de dos etapas en el que las sales de amonio son convertidas primero a nitrito (NO_2^-) y luego de éste a ni-

trato (NO_3^-). La conversión a nitrito se realiza especialmente por un grupo de bacterias autótrofas obligadas conocidas como "nitrosomonas".

La conversión de nitrito a nitrato se efectúa sobre todo por un segundo grupo de bacterias autótrofas obligadas denominadas "nitrobacter", (Buckman, 1977; Tisdale y Nelson, 1982).

La primera etapa no beneficia inmediatamente a las plantas, las cuales pueden utilizar las sales de amonio pero no los nitritos que son tóxicos en concentraciones relativamente pequeñas. La segunda etapa del proceso, conversión de nitritos a nitratos, evita que los nitritos alcancen concentraciones tóxicas en el suelo.

2.2.4. Desnitrificación.

La desnitrificación es el proceso mediante el cual el nitrato es reducido a nitrógeno gaseoso u óxidos de nitrógeno por bacterias u hongos capaces de utilizar el nitrato como fuente de oxígeno. El proceso se favorece por una pobre aireación del suelo, las bacterias desnitrificantes son anaerobias facultativas; extraen oxígeno atmosférico, éste oxígeno es utilizado para oxidar el hidrógeno de los alimentos orgánicos formando agua como uno de los productos finales. Entre los organismos capaces de reducir el nitrato a nitrógeno u óxidos de nitrógeno se incluyen las bacterias Pseudomonas denitrificans y Micrococcus denitrificans y algunos hongos (Jackson y Raw, 1974).

2.3. Conocimientos generales sobre el género Rhizobium

2.3.1. Descripción general de Rhizobium.

El género Rhizobium pertenece al orden de los Eubacteria--les ó "bacterias reales"; el cual es bastante amplio e incluye bacterias muy importantes para el hombre. Dentro de éste orden hay 13 familias con 63 géneros entre los que destaca la familia Rhizobiaceae (Carpenter, 1969).

La familia Rhizobiaceae está formada por 3 diferentes géneros: Rhizobium, Agrobacterium y Chromobacterium Hawker (1964). El nombre de esta familia está formado de 2 raíces griegas: --- "Rhiza"=raíz y "Bios"-vida.

Estos microorganismos son bacilos gram-negativos; saprofitos ó simbiontes. Su temperatura óptima de desarrollo es alrededor de 20° a 25°C (R. Diehl) y su pH óptimo es de 6.7 a 7.7 - (Vincent, 1975).

2.3.2. Clasificación taxonómica de Rhizobium.

Según Burrows (1974) citado por Carranza (1984).

Reino:	Vegetal
Subreino:	Thallophyta
División:	Schizophyta
Clase:	Schizomycetes
Orden:	Eubacteriales
Familia:	Rhizobiaceae
Género:	<u>Rhizobium</u>

2.3.3. Morfología.

Los bacilos de Rhizobium tienen de 2 a 5 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.

Según Bergensen (1957), en todos los tipos de Rhizobium se encuentra la presencia de gránulos citoplasmáticos poco ostensibles y de una intensa actividad metabólica.

Miden de 0.5 a 0.9 por 1.2 a 3 micras, tienen forma típica de bastones cuando crecen en medios adecuados y activamente en los nódulos vigorosos; pero pueden adoptar formas X, Y, T o racimos si crecen en condiciones desfavorables del medio o del nódulo, y formas características en bandas y ramificadas en las células más viejas del nódulo (E. Hhon Russell, E. Walter Russell 1968).

2.3.4. Ciclo de vida.

De acuerdo a estudios realizados por varios investigadores, se han propuesto teorías sobre el ciclo de vida de Rhizobium, denominándose a uno de ellos como "ciclo reducido" y a otro "ciclo completo", el ciclo reducido se presenta en Rhizobium de plantas cultivadas y el ciclo completo en plantas silvestres y de jardín en la mayoría de los casos (Bisset, 1952; citado por Agüero y López, 1985).

2.3.5. Origen.

El origen del Rhizobium proviene de las Corinebacterias, - probablemente entre los organismos móviles y patógenos de las plantas (Jensen, 1952).

Norris (1959) citado por Agüero y López (1985), considera una evolución paralela entre las plantas y la bacteria, propuso que la bacteria nodular de "Cowpea" asociada con leguminosas tropicales, representa el tipo ancestral.

Por otro lado Graham (1963), está en desacuerdo con la hipótesis de Norris, proponiendo la evolución de 2 organismos diferentes del suelo con relación a la simbiosis con las leguminosas, siendo el primero una forma similar a Agrobacterium radiobacter o a A. tumefaciens como antecesor de los Rhizobium de rápido crecimiento.

2.3.6. Especificidad.

No todas las especies Rhizobium producen nódulos y fijan nitrógeno con cualquier leguminosa, sino que existe cierta especificidad entre bacterias y leguminosas.

Para la práctica de inoculación con preparaciones comerciales de estas bacterias, se han dividido las leguminosas en siete grupos principales: alfalfa, trébol, chícharo, frijol, altramuz, soya y caupí. Las especies o razas de Rhizobium que son eficaces para uno de los grupos, lo son menos, o son ineficaces para los demás grupos. Aún dentro de la misma especie, --- ciertas razas son más eficaces que otras para una planta hués-

ped determinada (Pelczar, 1966).

2.4. Fijación simbiótica de nitrógeno

2.4.1. Relación planta-bacteria.

Esta relación puede considerarse siempre que ambos miembros de la misma sean compatibles, como una simbiosis pura (mutua). La planta aporta el alimento y ofrece al simbiote unas condiciones óptimas de vida. Ni la planta, ni la bacterias son capaces de fijar nitrógeno cuando están separadas (Schlegel, 1979).

La infección de las raíces de algunas leguminosas importantes económicamente como la soja, el trébol, la alfalfa, el frijol y el guisante con la cepa adecuada de Rhizobium conduce a la formación de nódulos radicales, que son capaces de convertir el nitrógeno gaseoso a nitrógeno combinado, en un proceso llamado fijación del nitrógeno (Brock, 1978).

Las bacterias nodulares, una vez establecidas en un suelo de la zona templada, pueden vivir ahí muchos años sin que se cultive o viva ninguna leguminosa huésped (Russell, Russell, 1968).

2.4.2. Interacción inicial.

En el desarrollo de la estructura nodular, el paso inicial parece involucrar la liberación de productos de excreción vegetal que son estimulantes para las bacterias dentro de la zona radicular. De éste modo los rizobios pueden agregarse en dife-

rentes sitios adyacentes a la raíz (Alexander, 1980).

En el análisis de los materiales orgánicos secretados por las raíces se han encontrado aminoácidos, azúcares, enzimas y vitaminas. El triptófano es la secreción radical, que es transformada en ácido indolacético por el Rhizobium y es el que produce el encorvamiento de los pelos radicales iniciando el proceso de infección (Brock, 1978).

2.4.3. Formación del nódulo.

Una vez iniciado el proceso de infección, pueden producirse enzimas que disuelven la celulosa de las microfibrillas del pelo radical, penetrando las bacterias a través del pelo radical hasta el citoplasma. Posteriormente las células bacterianas proliferan y forman el llamado hilo de infección, que crece centripetamente hacia la estela atravesando las células corticales. Si dichas células son diploides normales, habitualmente son destruidas por la infección sufriendo necrosis y degeneración; sin embargo, si la célula es tetraploide podrá ser el predecesor de un nódulo (Lie, 1981).

Las nodulaciones que se encuentran sobre las raíces de las leguminosas varían mucho de forma y tamaño. Al multiplicarse las bacterias dentro de las células tetraploides, las bacterias se transforman a formas inchadas, deformes ó ramificadas llamadas bacteroides. Su tamaño varía desde el de una cabeza de alfiler hasta más de un cm. (Russell, 1968).

El nódulo maduro fijador de nitrógeno es rojo, color que-

resulta de la producción de una proteína que contiene hierro parecida a la hemoglobina denominada leghemoglobina (Brock, 1978).

2.4.4. Fijación de nitrógeno en los nódulos.

La fijación de nitrógeno ocurre solamente en nódulos que contienen a la vez bacteroides y leghemoglobina (Brock, 1978). Aunque no se ha aclarado cual es el papel que desempeña la leghemoglobina en el proceso, se ha propuesto la idea de que debe funcionar manteniendo la tensión de oxígeno baja que se requiere para la fijación de nitrógeno. Así mismo, debido a su muy elevada afinidad para con el oxígeno, la leghemoglobina permite que este gas llegue rápidamente a los nódulos bacterianos de la raíz incluso en condiciones de niveles muy bajos de oxígeno libre.

Los azúcares sintetizados por las hojas de la planta durante la fotosíntesis son trasladados a las raíces y son utilizados o bien directamente o bien, después de su conversión a ácidos orgánicos como donadores de electrones para la fijación de nitrógeno. Para este proceso se requiere ATP y el primer producto resultante es amoniaco; éste es convertido en aminoácidos, y éstos a su vez son transferidos del bacteroide a las células radicales de la planta y luego a toda la planta (Brock, 1978).

Unicamente los microorganismos pueden tomar nitrógeno de la atmósfera y fijar nitrógeno molecular, pasandolo a un enlace orgánico y incorporandolo ya sea directamente ó a través del ma

terial vegetal a la proteína del suelo.

La función eficiente de los nódulos depende de la capacidad genética de la cepa de Rhizobium de fijar nitrógeno y su compatibilidad con la especie de leguminosa.

La fijación de nitrógeno implica la actividad de la enzima nitrogenasa, una proteína grande que contiene hierro y molibdeno. La nitrogenasa en los nódulos tiene características similares a las de las bacterias de vida libre fijadoras de nitrógeno, incluyendo sensibilidad al O_2 y capacidad de reducir el acetileno así como el nitrógeno (Brock, 1978).

2.5. Factores que afectan el proceso de nodulación y la fijación de nitrógeno

Estos factores se clasifican en: físicos, químicos y biológicos (Pérez, 1980).

A) Factores físicos.- Según Fassbender (1975), la temperatura óptima para la simbiosis leguminosa-Rhizobium es entre 18- y 22°C y las condiciones de humedad extremas del suelo tienen un efecto muy decisivo sobre la efectividad de la simbiosis y la cantidad de nitrógeno fijado.

La deficiencia de humedad del suelo afecta la actividad de la nitrogenasa, siendo mayor el daño cuando se inicia la formación de los nódulos. En el otro extremo, un exceso de agua puede limitar la aireación y, por lo tanto, la supervivencia de las bacterias (Vincent, 1975).

La duración del día e intensidad de la luz afectan el número y peso de los nódulos, mientras que la intensidad de la luz elevada pero no excesiva aumenta el número de nódulos, la falta de luz tiende a disminuir el peso de los nódulos (Alexander, 1980).

La fijación simbiótica prospera en suelos con buena aereación, de estructura media, fértiles, ligeros y bien drenados como son los francos y los migajones arenosos.

B) Factores químicos.- En la mayoría de las leguminosas fijadoras de nitrógeno se desarrollan normalmente en suelos con pH 5 a 8, fuera de éste límite, la fijación cesa. (Mešliak, 1976).

Los efectos del pH se acentúan más en el proceso de nodulación que en el de fijación de nitrógeno.

El aspecto nutricional es de suma importancia en la simbiosis; cualquier deficiencia o toxicidad que afecta a la planta afecta también a la fijación simbiótica de nitrógeno.

La aplicación de fertilizantes nitrogenados afecta la nodulación disminuyendo el tamaño, peso, número de nódulos y la cantidad de nitrógeno fijado por la bacteria pues inhibe la síntesis de la enzima nitrogenasa (Alexander, 1980).

El fósforo es importante ya que mantiene un alto nivel de población rizobiana en el suelo. Además estimula el crecimiento, incrementa el peso seco de las raíces y de los nódulos.

El potasio es necesario en el proceso de fijación simbiótica, ya que interviene en el proceso enzimático e incrementa el contenido de nitrógeno fijado y la cantidad de carbohidratos sintetizados (Mengel, 1974).

El hierro es requerido para la producción de leghemoglobina presente en los nódulos y en otros compuestos en el proceso de maduración de los nódulos.

El calcio es importante para la nutrición de las leguminosas y es requerido en la formación de los nódulos, su concentración asimilable tiene que ser relativamente alta si se quiere mantener activa la población rizobiana (McCalla, 1937; citado por White y Trumble, 1968).

El molibdeno es un elemento esencial para llevar a cabo la fijación de nitrógeno. En suelos con deficiencias de molibdeno las plantas pueden desarrollarse perfectamente bien y sus raíces estar bien noduladas, pero los nódulos no fijaran nitrógeno (Russell, 1968).

El boro tiene la función de regular el desarrollo de los tejidos vasculares del nódulo, así como para la absorción de calcio y la translocación de los hidratos de carbono.

C) Factores biológicos.- Se puede mencionar dentro de estos factores el daño producido por: hongos, protozoarios, nemátodos, bacteriófagos, virus y la presencia de cepas de Rhizobium nativas.

Las cepas nativas de Rhizobium presentan gran capacidad -

infectiva, tanto en campo como en invernadero, en suelo fumigado y sin fumigar, interfiriendo en la evaluación del efecto producido por las cepas inoculadas (Cuatle, 1979).

Los insectos también afectan la nodulación, entre estos tenemos Sitonema linealus que ocupa un lugar especial, pues sus larvas destruyen los nódulos de varias leguminosas (Mulder, --- 1948; citado por Sánchez, 1964).

2.6. Trabajos afines

A continuación se mencionan algunos resultados de investigaciones relacionadas con la asociación simbiótica de Phaseolus vulgaris - Rhizobium phaseoli:

Neri, Andrade, Vesga y Muñoz (1981), en Tlaxcala, México, evaluaron siete cepas de R. phaseoli en la variedad de frijol común (P. vulgaris L.), Canario 107, encontrando que de las siete cepas solo 3 superaban en rendimiento al tratamiento 40-60-00, no habiendo respuesta a la fertilización con nitrógeno.

Ferrara y López (1982), en Chapingo México, realizaron dos experimentos con la asociación simbiótica de R. phaseoli - P. vulgaris, con el fin de comprobar la eficiencia de esta asociación. Evaluaron 3 cepas y una mezcla de las tres a tres niveles de fertilización fosfórica y dosis crecientes de nitrógeno y fósforo sin inocular. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: para el primer experimento (a suelo profundo) el rendimiento más alto fué para la cepa CP-30+60 kgs. de fósforo por hectárea; para el segundo experimento (en suelo delga-

do) el mayor rendimiento fué para la aplicación de 60 kgs. de fósforo por hectárea sin inocular. El análisis económico reporta que las mayores ganancias con la mínima inversión se lo--gran utilizando 60 kgs. de fósforo por hectárea sin inocular. Concluyendo que las cepas de R. phaseoli sustituyen la fertili--zación nitrogenada en el cultivo del frijol en la zona Mixteca--Poblana.

Chonay et al. (1983), evaluaron bajo condiciones de campo tres cepas de R. phaseoli y la mezcla de ellas en frijol (P. vulgaris L.) bajo diferentes niveles de fertilización nitrogena--da al suelo y foliar aplicadas en dos épocas . Las conclusio--nes que se obtuvieron son las siguientes; a) con respecto a --las cepas de R. phaseoli no se observaron diferencias entre ---ellas; b) respecto a la forma de satisfacer las necesidades de nitrógeno del frijol (P. vulgaris L.) se observó en base a ren--dimiento de grano que la fertilización foliar resultó más efi--ciente que la inoculación con R. phaseoli y la fertilización ni--trogenada al suelo.

Cuatle (1979), con el objetivo de evaluar y conocer algu--nos factores que afectan la nodulación y la capacidad de fija--ción común en el valle de México, estableció dos experimentos -de campo: uno de temporal y el otro de riego; observó que las -cepas nativas de R. phaseoli son altamente infectivas y competi--tivas .

Rodríguez y Ferrara (1982), en Chapingo México, midieron -la variación de la población de R. phaseoli en frijol (P. vulga

ris L.), desde la germinación hasta el estado de plántula, para determinar la competencia entre las cepas nativas y las cepas inoculadas, mostrándose en los resultados un aumento en la supervivencia de R. phaseoli durante la germinación, observándose a los 20 días un efecto inhibitorio sobre la población de la bacteria, a lo que se consideró como un efecto rizosférico negativo.

Montenegro (1957), en un experimento realizado en Apodaca, Nuevo León, en un ensayo de fertilización en frijol (Canario -- 101) con elementos mayores y menores e inoculación con bacterias nitrificantes. Encontró que las bacterias nitrificantes aplicadas a la semilla resultaron no efectivas (ausencia de nódulos en las raíces cuya semilla fué inoculada). Las bacterias aplicadas fueron producto comercial conocido como Rizobín. Atribuye el resultado a la pobreza en materia orgánica del suelo, lo cual contribuye a impedir el desarrollo de los microorganismos.

III. OBJETIVOS E HIPOTESIS

Objetivos:

1. Determinar la mejor cepa de Rhizobium phaseoli para el frijol (variedad delicias 71) con respecto al rendimiento bajo las condiciones de la zona.
2. Evaluar el nitrógeno total acumulado por tratamiento en la planta.

Hipótesis:

1. Existe diferencia entre las cepas de Rhizobium phaseoli para el frijol en cuanto al peso de la planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de la vaina con granos, peso de los granos, nitrógeno de la parte aérea.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Localización del sitio experimental y condiciones climáticas

El presente experimento se llevó a cabo en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., ubicado en el municipio de Marín, N.L., durante el ciclo primavera-verano de 1985.

El campo experimental está ubicado a la altura del Km. 17 de la carretera Zuazua-Marín, siendo sus coordenadas geográficas de 25°53' latitud norte y 100°03' longitud oeste, una altitud de 367.5 metros sobre el nivel del mar.

El clima predominante de la zona es semiárido de acuerdo con la clasificación climática de Koppen BS(h')hx'(e'), modificado por García (1973).

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 a 500 mm anuales.

Estos datos promedio se obtuvieron de la estación meteorológica de la F.A.U.A.N.L.

4.2. Características edáficas del sitio experimental (ver tabla No. 6)

4.3. Características agronómicas de la variedad

Delicias 71

Es una variedad con hábito de crecimiento semideterminado-postrado o sea semi-guía, el color de su flor es blanca, la forma de la semilla es arriñonada y de color crema y manchas cafés, sus días a floración son aproximadamente 55 días, su ciclo vegetativo en promedio varía de 95-100 días, el peso de 100 semillas equivale a 20 g. y un volumen de 18 cm^3 ; su densidad de siembra 30 kg/ha. En trabajos realizados por el Departamento de Mejoramiento Genético de la F.A.U.A.N.L. se han obtenido valores de hasta 1,250 kg/ha. bajo condiciones de riego.

4.4. Descripción del diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental es un bloque completamente al azar (DBCA), con 6 tratamientos en 4 repeticiones, con lo cual se generaron 24 unidades experimentales.

Cada unidad experimental está integrada por 6 surcos de 6-metros de largo y la distancia entre ellos es de 80 cm. Como parcela útil se tomaron los 4 surcos centrales eliminando un metro de las cabeceras. De ésta parcela útil se tomaron (muestrearon) solo 15 plantas, las cuales fueron asignadas al azar.

El modelo es el siguiente:

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

donde:

Y_{ij} = es la variable bajo estudio

μ = es la media verdadera general

T_i = es el efecto verdadero del i -ésimo bloque

B_j = es el efecto verdadero del j -ésimo bloque

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

Los tratamientos fueron los siguientes:

<u>Tratamiento</u>	<u>Cepa</u>
1	Testigo
2	FM-138
3	FAHQL-8
4	C.Q.
5	FM-425
6	FM-428

Nota: Las cepas fueron obtenidas a través de Fertimex.

4.5. Preparación del terreno

Se preparó el suelo con un mes de anticipación a la siembra, realizándose una rotura con el fin de mejorar la estructura del terreno, proporcionar al nuevo cultivo condiciones de aereación en su sistema radicular necesario para un buen desarrollo, exponer las plagas del suelo al sol ocasionando la deshidratación y muerte de las mismas.

Una semana antes de la siembra se pasó la rastra en forma cruzada para mullir bien el terreno y tener una cama de siembra adecuada. Dos días antes de realizar la siembra se hizo el sur

cado del terreno así como las regaderas, los surcos se hicieron a una distancia entre ellos de 80 cm.

4.6. Inoculación

La inoculación se realizó el mismo día de la siembra, realizándose esta en el laboratorio con la finalidad de proteger a la bacteria de los rayos solares una vez inoculada la semilla, ya que cuando ésta se efectúa en contacto directo con los rayos solares la bacteria pierde viabilidad. Para la inoculación la dosis de inoculante fue de 3 g. de cepa por litro de agua en un kilo de semilla, el inoculante debe ser específico para el cultivo.

4.7. Siembra

La siembra se llevó a cabo el día 18 de marzo de 1985, depositando dos o tres semillas por punto cada 5 cm. en la costilla del surco. Después que la semilla germinó se dió un raleo con el fin de dejar una distancia entre plantas de 10 cm. La siembra se realizó en seco.

4.8. Labores de cultivo

Se realizaron después de cada riego los deshierbes en forma manual y con azadon, el objetivo era mantener libre el suelo de malezas durante el primer mes de emergido el cultivo con el fin de evitar que causaran competencia al cultivo por nutrientes, agua y luz. Se eliminaron varios tipos de maleza como el-

caso de zacate johnson (Sorghum halepense), zacate cola de zorra (Setaria spp.), quelite (Amaranthus spp.) y polocote (Helianthus annuus L.). Se realizó un aporque al cultivo para aflojar la tierra, proporcionar una mejor aereación en el suelo que a su vez repercutirá en un favorable desarrollo del cultivo.

4.9. Riego

El primer riego fué aplicado inmediatamente después de haber concluido la siembra, dicho riego fué aplicado el 18 de marzo de 1985.

El primer riego de auxilio se aplicó el día 1 de abril de 1985.

El segundo riego de auxilio se aplicó el día 16 de abril.

No hubo necesidad de aplicar un tercer riego de auxilio ya que hubo precipitación pluvial del 15-18 de mayo.

4.10. Cosecha

La cosecha se llevó a cabo el 12 de junio de 1985, 89 días después de la siembra. Se tomaron 15 plantas por parcela útil al azar de cada unidad experimental depositandolas en bolsas de papel identificadas con el número de tratamiento y bloque.

4.11. Variables estudiadas

Peso de la planta

Número de vainas por planta

Número de granos por vaina

Peso de la vaina con granos

Peso de los granos

Nitrógeno de la parte aérea.

V. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la presente investigación se anuncian para cada una de las variables analizadas con su respectivo análisis de varianza.

Peso de la planta.

Con respecto a esta variable el análisis de varianza realizado no reportó diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, no presentándose diferencia entre bloques y obteniendo un C.V. de 14.23358.

Número de vainas por planta.

Refiriéndose a ésta variable el análisis de varianza realizado no reportó diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, tampoco se presentó diferencia estadísticamente significativa entre bloques, resultando un C.V. de 17.78652.

Número de granos por vaina.

El análisis de varianza realizado en ésta variable no reportó diferencia estadísticamente significativa entre tratamiento, resultando no significativo el efecto entre bloques, reportando un C.V. de 8.69115.

Peso de las vainas.

De acuerdo a ésta característica estudiada no se obtuvo diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, pre

sentándose diferencia estadísticamente significativa entre bloques, obteniéndose un C.V. de 14.54857.

Rendimiento en grano.

Con respecto a esta variable analizada se menciona que el efecto de tratamientos no fué estadísticamente significativo, - no obteniéndose diferencia estadísticamente significativa entre bloques y el C.V. fué de 16.42798.

Porcentaje de nitrógeno.

Haciendo referencia a esta variable estudiada podemos enunciar que su análisis de varianza no reportó diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, obteniéndose diferencia estadísticamente significativa entre bloques, reportando un C.V. de 12.17554.

VI. DISCUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se encontró que no se manifestaron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables entre los tratamientos probados.

Esto se puede explicar por diferentes aspectos:

Con respecto a la cepa se cree que existe una alta competitividad entre las cepas nativas con la cepa utilizada, pudiendo existir inadaptabilidad de la cepa utilizada a las condiciones imperantes en la localidad de evaluación de este trabajo, ya que la cepa aplicada fue obtenida de una zona de condiciones ecológicas muy diferentes a las existentes en Marín, N.L.

Respecto a las condiciones edáficas, se obtuvo un pH de 8.4, con lo cual se puede afirmar que fue un factor limitante, ya que su pH óptimo varía de 6.7 a 7.7.

Con lo que respecta a la textura del suelo y la M.O. del mismo, se puede decir que resultó del tipo arcilloso y pobre en M.O., éste puede ser un factor limitante para un buen desarrollo de la bacteria ya que afecta el porcentaje de espacio poroso y esto repercute en la aereación del suelo y la oxigenación del mismo.

En lo que se refiere a condiciones de humedad en el suelo, se registró mucha precipitación en el mes de abril, lo cual pudo afectar el proceso de nodulación y fijación de nitrógeno, ya que un exceso de agua puede limitar la aireación y por lo tan

to, la supervivencia de la bacteria.

Así, otro factor que pudiera haber afectado los resultados del experimento en su fase de evaluación es el propio análisis de varianza, aún y cuando los coeficientes de variación se presentan dentro de los límites normales, no es posible evaluar al 100% la fijación de nitrógeno que es un factor cualitativo (cualidad de la bacteria para fijar nitrógeno mediante un proceso - cuantitativamente desfavorable a la planta) mediante un criterio cuantitativo.

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y a los objetivos e hipótesis planteados en el presente trabajo experimental, podemos concluir lo siguiente:

1. De acuerdo al objetivo No.1: determinar la mejor cepa de Rhizobium phaseoli para el frijol con respecto al rendimiento.

En base a este objetivo encontramos que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos por lo tanto, podemos concluir que todos los tratamientos son iguales entre sí.

2. De acuerdo al objetivo No.2: evaluar el nitrógeno total acumulado por tratamiento en la planta.

En lo que respecta a éste objetivo se concluye que aún y cuando no existe fijación en el testigo, por no poseer cepa bacteriana, no existe diferencia estadísticamente significativa y así todos los tratamientos son iguales ya que las diferencias entre ellas se deben a cuestiones aleatorias.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Debido a las consideraciones esbozadas en la discusión en lo que respecta a las evaluaciones se recomienda realizar un estudio económico que minimice las cuestiones del tipo cuantitativo en cuanto a la fijación de nitrógeno.
2. Se recomienda tomar las temperaturas del suelo ya que en esta zona (Marín, N.L.) son elevadas y los Rhizobium son muy sensibles a las altas temperaturas, siendo este un factor importante en la supervivencia de las bacterias tanto en el suelo como en la planta nodulada.
3. Realizar un análisis de microelementos al suelo y principalmente molibdeno, cobalto, vanadio, estroncio, boro que afectan directamente el proceso.
4. Realizar el experimento utilizando otro medio de inoculación que proteja y asegure a la bacteria para una mejor nodulación.
5. Implementar muestreos periódicos al suelo para observar si existen bacterias nativas que compitan con las inoculadas.

IX. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la F.A.U.A.N.L. en Marín, N.L., durante el ciclo temprano de 1985.

Los objetivos de este trabajo experimental son los siguientes:

1. Determinar la mejor cepa de Rhizobium phaseoli para el frijol con respecto al rendimiento.
2. Evaluar el nitrógeno total acumulado por tratamiento en la planta.

En base a los objetivos planteados la hipótesis formulada es la siguiente:

Existe diferencia entre las cepas de Rhizobium phaseoli para el frijol en cuanto al peso de la planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de la vaina con granos, peso de los granos, nitrógeno de la parte aérea.

Las variables estudiadas fueron las siguientes:

1. Peso de la planta
2. Número de vainas por planta
3. Número de granos por vaina
4. Peso de la vaina con granos
5. Peso de los granos
6. Nitrógeno de la parte aérea.

El diseño experimental utilizado fué un Bloques Completa--

mente al Azar, con 4 repeticiones y 6 tratamientos (5 cepas y el testigo).

El material utilizado fué:

1. Cinco cepas del género Rhizobium.

<u>Tratamiento</u>	<u>Cepa</u>
1	Testigo
2	FM-138
3	FAHQL-8
4	C.Q.
5	FM-425
6	FM-428

2. Semilla de frijol variedad Delicias 71

3. Aperos de labranza necesarios.

En base a los resultados obtenidos en el experimento, se observó que no hubo diferencia significativa en ninguna de las variables estudiadas. Esto se puede deber a diversos factores como, competitividad entre las cepas nativas con la cepa utilizada, inadaptabilidad de la cepa utilizada a las condiciones ambientales de la localidad, características edáficas impropias para su desarrollo.

X. BIBLIOGRAFIA

- Aguero, M.J. y López A.R. 1985. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.
- Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. Ed. Agt. Editor, S.A. México.
- Secretaría de Educación Pública. 1981. Frijol y chícharo. Editorial Trillas. México, D.F.
- Bressani, R. 1967. Efecto de la fertilización sobre el contenido de proteína y valor nutritivo del frijol. XII. Reunión-Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Costa Rica.
- Brock, T.D. 1978. Biología de los microorganismos. Ed. Omega. Barcelona, España.
- Buckman, H.O.; Brady, N. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. Tonsa. Barcelona, España.
- Burrows, W. 1974. Tratado de microbiología. Ed. Interamericana. México.
- Carpenter, P.L. 1969. Microbiología. Ed. Interamericana. México.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, s.f. Guía de estudio. Morfología de la planta de frijol común. (Phaseolus vulgaris L.). Cali, Colombia.

Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología. 1974. Biología. C.E.C.S.A. México.

Crispín, M.A. 1967. El frijol como fuente de proteína. Agricultura técnica de México. SAG. INIA, Vol. II, No. 7.

Cuatle, 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.

Chonay, P.J. 1983. Agrociencia, Efecto de la fertilización nitrogenada foliar sobre la compensación de la fijación biológica de nitrógeno por Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vul L.). Vol. No. 54. Chapingo, México.

Diehl R. y Mateo B, J.M. 1978. Fitotecnia general. Ed. Mundiprensa. Madrid, España.

Edmon, J.B. et al. 1967. Principios de horticultura. Editorial C.E.C.S.A. México.

Fassbender, H.W. 1975. Química de suelos. Turrialba, Costa Rica.

Ferrara C.R. y López A.E. 1982, Evaluación de cepas de Rhizobium por su efecto sobre la evaluación del grano y economía del nitrógeno en el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis de M.C., Colegio de Postgraduados. Chapin go, México.

Francis, A.Ch. 1981, El cultivo del frijol. Publicación la Hacienda. pp. 33,34.

Hawker, et al. 1960. Introducción a la microbiología del suelo. Ed. Acribia. Zaragoza, España.

Jackson R.M. y Raw F. 1974. La vida en el suelo. Ed. Omega. Barcelona, España.

Mendoza, C.M. 1986. Evaluación de 4 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.

Mengel, K.; M.H. Reza and K. Koch. 1974, The effect of potassium on the fixation of molecular nitrogen by root nodules of Vicia faba. Plant Physiology 54:535-538.

Messiaen, C.M. 1979. Las hortalizas. Técnicas agrícolas y pro--

ducciones tropicales. Editorial Blume, México.

Mesliak, P. 1976. Fisiología vegetal. Nutrición y metabolismo. Ed. Omega. Barcelona, España.

Miranda, C.S. 1967. Origen de Phaseolus vulgaris L., Agrociencia. Colegio de Postgraduados del ENA. Chapingo, México.

Montenegro, G.L. 1957. Ensayo de fertilización en frijol con elementos mayores y menores e inoculación con bacterias nitrificantes. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía. I.T.E.S.M., Monterrey, N.L.

Mortensen, E. y E. Bullard, 1975. Horticultura tropical y subtropical. Editorial Pax-México. México.

Neri, F.; Andrade, L.; Vesga, A.B. y Muñoz, D. 1981. Evaluación de siete cepas de Rhizobium phaseoli sobre la variedad de frijol Canario 107 en el estado de Tlaxcala. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Pelczar, M.J. and R.D. Reid, 1966. Microbiology. Ed. McGraw-Hill N.Y. U.S.A.

Pérez, T.H. 1980. Algunos aspectos biológicos de la asociación simbiótica de Phaseolus vulgaris L.-Rhizobium phaseoli. Tesis M.C., Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

- Robles, S.R. 1979. Producción de granos y forrajes. Editorial -
Limusa. México.
- Rodríguez, M.N. y Ferrara C.R. 1982. Sobrevivencia de Rhizobium
phaseoli sobre la semilla del frijol (Phaseolus vulgaris -
L.), desde el proceso de germinación hasta plántula. Tesis
M.C., Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Rojas, G.M. 1979. Fisiología Vegetal Aplicada, Editorial McGraw
Hill. México.
- Rusell, E.J. y Rusell, E.W. 1968. Condiciones del suelo y el --
crecimiento. Ediciones Aguilar. Madrid, España.
- Sánchez, M.A. 1964. Microbiología agrícola. Serie de apuntes --
No. 3. Chapingo, México.
- Sánchez, P.S. 1974. El cultivo de frijol de temporal en el Ba--
jío, INIA. CIAB. Desplegado No. 5. México.
- S.A.R.H. 1976. Catálogo de cultivos bajo riego en México. Folle
to de orientación técnica III. México.
- Schlegel, M.G. 1979. Microbiología general. Ed. Omega. Barcelo-
na, España.
- Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. 1982. Fertilidad de los suelos y -

fertilizantes. Ediciones UTHEA. México.

Vincent, J.M. 1975. Manual práctico de rizobiología. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.

Whyte, R.O. y Trumble, H.C. 1968. Las leguminosas en la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Yugoslavia.

XI. APENDICE

Cuadro No.1. Concentración de datos para peso de las plantas en gramos. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.

Tratamiento	R E P E T I C I O N E S				\bar{x} g./p.
	I	II	III	IV	
1. Testigo	23.07	29.57	30.61	27.91	27.79
2. FM-138	21.7	26.61	22.48	25.09	23.97
3. FAHQL-8	25.66	23.95	26.87	21.96	24.61
4. C.Q.	24.39	22.3	35.99	30.65	28.33
5. FM-425	22.34	23.5	35.04	25.28	26.54
6. FM-428	23.91	19.01	24.28	28.44	23.91

Cuadro No.2. Análisis de varianza para peso de plantas en gramos. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.calc.	F. teórica	
					0.05	0.01
Bloque	3	120.796	40.265	2.972 ^{NS}	3.29	5.42
Tratamiento	5	76.950	15.390	1.136 ^{NS}	2.90	4.56
Error	15	203.212	13.547			
Total	23	16449.158				

NS = No significativo
 * = Significativo
 ** = Altamente significativo

$$C.V. = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{x}} \times 100$$

$$= 14.23358$$

Cuadro No.3. Concentración de datos para número de vainas por planta. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.

Tratamiento	R E P E T I C I O N E S				\bar{x} No. de vainas
	I	II	III	IV	
1. Testigo	13.16	15.33	14.58	18.43	15.37
2. FM-138	11.85	17.58	12.85	16.65	14.73
3. FAHQL-8	13.7	12.42	14.37	10.5	12.74
4. C.Q.	13.35	13.99	19.92	14.93	15.54
5. FM-425	12.58	11.14	17.72	13.14	13.64
6. FM-428	12.02	10.11	10.67	15.29	12.02

Cuadro No.4. Análisis de varianza para número de vainas por planta. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.calc.	F. teórica	
					0.05	0.01
Bloque	3	21.226	7.075	1.139 ^{NS}	3.29	5.42
Tratamiento	5	41.705	8.341	1.342 ^{NS}	2.90	4.56
Error	15	93.171	6.211			
Total	23	4867.9464				

NS = No significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo

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

$$= 17.78652$$

Cuadro No.5. Concentración para número de granos por vaina. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.

Tratamiento	R E P E T I C I O N E S				\bar{x} granos/vaina
	I	II	III	IV	
1. Testigo	3.78	4.13	4.38	4.91	4.3
2. FM-138	3.90	3.71	3.97	3.86	3.86
3. FAHQL-8	4.05	4.19	3.92	4.41	4.14
4. C.Q.	3.83	3.71	3.97	4.35	3.96
5. FM-425	3.71	4.55	3.61	3.98	3.96
6. FM-428	3.62	4.28	4.47	3.95	4.08

Cuadro No.6. Análisis de varianza para número de granos por vaina: Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.calc.	F. teórica	
					0.05	0.01
Bloque	3	0.567	0.189	1.523 ^{NS}	3.29	5.42
Tratamiento	5	0.491	0.098	0.791 ^{NS}	2.90	4.56
Error	15	1.863	0.124			
Total	23	396.5072				

NS = No significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo

$$C.V. = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{x}} \times 100$$

$$= 8.69115$$

Cuadro No.7. Concentración de datos para peso de vainas con grano (g./vainas con grano). Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.

Tratamiento	R E P E T I C I O N E S				\bar{x} g./vaina
	I	II	III	IV	
1. Testigo	16.86	20.72	22.12	10.9	19.9
2. FM-138	14.27	18.43	16.57	16.54	16.45
3. FAHQL-8	17.98	17.52	19.05	14.46	17.25
4. C.Q.	14.79	15.61	24.77	23.31	19.62
5. FM-425	15.34	17.06	22.99	16.63	18.00
6. FM-428	16.74	13.04	17.7	19.48	16.74

Cuadro No.8. Análisis de varianza para peso de vainas con grano, (g./vainas con grano). Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.calc.	F. teórica	
					0.05	0.01
Bloque	3	68.747	22.915	3.343*	3.29	5.42
Tratamiento	5	43.101	8.620	1.257 ^{NS}	2.90	4.56
Error	15	102.823	6.854			
Total	23	7986.3526				

NS = No significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo

$$C.V. = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{x}} \times 100$$

$$= 14.54857$$

Cuadro No.9. Concentración de datos para rendimiento en grano (g./p.). Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.

Tratamiento	R E P E T I C I O N E S				\bar{x} g./p.
	I	II	III	IV	
1. Testigo	10.84	12.52	10.69	13.01	11.76
2. FM-138	9.59	11.76	10.8	10.18	10.58
3. FAHQL-8	11.19	10.81	12.71	9.09	10.95
4. C.Q.	9.84	9.05	16.66	15.42	12.74
5. FM-425	9.34	10.82	12.08	10.64	10.72
6. FM-428	10.99	8.4	12.57	12.00	10.99

Cuadro No.10. Análisis de varianza para rendimiento en grano (g./p.). Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.

F.Y.	G.L.	S.C.	C.M.	F.calc.	F.teórica	
					0.05	0.01
Bloque	3	20.286	6.762	1.965 ^{NS}	3.29	5.42
Tratamiento	5	13.465	2.244	0.652 ^{NS}	2.90	4.56
Error	15	51.629	3.441			
Total	23	3145.4238				

NS = No significativo
 * = Significativo
 ** = Altamente significativo

$$C.Y. = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{x}} \times 100$$

$$= 16.42798$$

Cuadro No.11. Concentración de datos para el % de nitrógeno. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.

Tratamiento	R E P E T I C I O N E S				\bar{x} % N
	I	II	III	IV	
1. Testigo	1.324	1.366	1.562	1.576	1.457
2. FM-138	1.226	1.604	1.520	1.590	1.485
3. FAHQL-8	1.310	1.534	1.618	2.122	1.646
4. C.Q.	1.366	1.212	1.828	1.436	1.4605
5. FM-425	1.114	1.478	1.380	1.394	1.3415
6. FM-428	1.562	1.296	1.520	1.870	1.562

Cuadro No.12. Análisis de varianza para el % de nitrógeno. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.calc.	F. teórica	
					0.05	0.01
Bloque	3	0.435	0.145	4.275*	3.29	5.42
Tratamiento	5	0.214	0.042	1.260 ^{NS}	2.90	4.56
Error	15	0.509	0.033			
Total	23	54.585				

NS = No significativo
 * = Significativo
 ** = Altamente significativo

$$C.V. = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{x}} \times 100$$

$$= 12.17554$$

Cuadro No.13. Grupos de inoculación cruzada y asociaciones de Rhizobium-Leguminosa.

Grupos de inoculación cruzada	Especie de <u>Rhizobium</u>	Género hospedero	Leguminosas incluidas
Grupos de Alfalfa	<u>R. meliloti</u>	Medicago	Alfalfa
		Melilotus	Trébol dulce
		Trigonella	Alholva
Grupo del Trébol	<u>R. trifolii</u>	Trifolium	Tréboles
		Pisum	Chicharo
		Vicia	Algarrobo
		Latyrus	Almorta
		Lens	Lenteja
Grupo del Frijol	<u>R. phaseoli</u>	Phaseolus	Frijol
Grupo del Altramuz	<u>R. lupini</u>	Lupinus	Altramuz
		Ornithopus	Serradela
Grupo de la Soya	<u>R. japonicum</u>	Glycine	Soya
Grupo del Caupí	—	Vigna	Caupí
		Lespedeza	Trébol del Japón
		Crotalaria	Crotalaria
		Pueraria	Kudzú
		Arachis	Cacahuate
		Phaseolus	Frijol
			Lima

Cuadro No.14. Datos de precipitación (mm.) en Marín, N.L. de Mar
ro a Junio de 1985.

M E S	P R E C I P I T A C I O N
Marzo	17.6 mm
Abril	122 mm
Mayo	22.8 mm
Júnio	30.2 mm

Total de precipitación: 192.6 mm

Tabla No.1. Determinación del nitrógeno de la planta.

Peso de la planta (g.) x % N del tejido \div 100 = N. de la planta
(Método Kjeldahl)

R ₁ T ₁	23.07	X	1.324	\div 100 = 0.3054 g/p
R ₁ T ₂	21.7	X	1.226	\div 100 = 0.2660 g/p
R ₁ T ₃	25.66	X	1.310	\div 100 = 0.3361 g/p
R ₁ T ₄	24.39	X	1.366	\div 100 = 0.3331 g/p
R ₁ T ₅	22.34	X	1.114	\div 100 = 0.2488 g/p
R ₁ T ₆	23.91	X	1.562	\div 100 = 0.3734 g/p
R ₂ T ₁	29.57	X	1.366	\div 100 = 0.4039 g/p
R ₂ T ₂	26.61	X	1.604	\div 100 = 0.4268 g/p
R ₂ T ₃	23.95	X	1.534	\div 100 = 0.3673 g/p
R ₂ T ₄	22.3	X	1.212	\div 100 = 0.2702 g/p
R ₂ T ₅	23.5	X	1.478	\div 100 = 0.3473 g/p
R ₂ T ₆	19.01	X	1.296	\div 100 = 0.2463 g/p
R ₃ T ₁	30.61	X	1.562	\div 100 = 0.4781 g/p
R ₃ T ₂	22.48	X	1.520	\div 100 = 0.3416 g/p
R ₃ T ₃	26.87	X	1.618	\div 100 = 0.4347 g/p
R ₃ T ₄	35.99	X	1.828	\div 100 = 0.6578 g/p
R ₃ T ₅	35.04	X	1.380	\div 100 = 0.4835 g/p
R ₃ T ₆	24.28	X	1.520	\div 100 = 0.3690 g/p
R ₄ T ₁	27.91	X	1.576	\div 100 = 0.4398 g/p
R ₄ T ₂	25.09	X	1.590	\div 100 = 0.3989 g/p
R ₄ T ₃	21.96	X	2.122	\div 100 = 0.4659 g/p
R ₄ T ₄	30.65	X	1.436	\div 100 = 0.4401 g/p
R ₄ T ₅	25.28	X	1.394	\div 100 = 0.3524 g/p
R ₄ T ₆	28.44	X	1.870	\div 100 = 0.5318 g/p

Tabla No.2. Cálculo del nitrógeno consumido por la planta del suelo.

Nitrógeno del suelo-Nitrógeno del suelo+Factor = Nitrógeno
 (antes) (después) corrección consumido %

R_1	= 0.02075%	T_1	= 0.04145%	
R_{II}	= 0.0449%	T_2	= 0.0449%	
R_{III}	= 0.038%	T_3	= 0.02765%	F.C. = 0.038%
R_{IV}	= 0.04835%	T_4	= 0.02075%	
		T_5	= 0.038%	
		T_6	= 0.0173%	

$R_1 T_1$	0.02075-0.04145	= -0.0207 + 0.038	= 0.0173
$R_1 T_2$	0.02075-0.0449	= -0.02415 + 0.038	= 0.01385
$R_1 T_3$	= 0.02075-0.02765	= -0.0069 + 0.038	= 0.0069
$R_1 T_4$	= 0.02075-0.02075	= 0 + 0.038	= 0.038
$R_1 T_5$	0.02075-0.038	= -0.01725 + 0.038	= 0.02075
$R_1 T_6$	0.02075-0.0173	= 0.00345 + 0.038	= 0.04145
$R_2 T_1$	0.0449 -0.04145	= 0.00345 + 0.038	= 0.04145
$R_2 T_2$	0.0449 -0.0449	= 0 + 0.038	= 0.038
$R_2 T_3$	0.0449 -0.02765	= 0.01725 + 0.038	= 0.05525
$R_2 T_4$	0.0449 -0.02075	= 0.02415 + 0.038	= 0.06215
$R_2 T_5$	0.0449 =0.038	= 0.0069 + 0.038	= 0.0449
$R_2 T_6$	0.0449 -0.0173	= 0.0276 + 0.038	= 0.0656
$R_3 T_1$	0.038 -0.04145	= -0.00345 + 0.038	= 0.03455
$R_3 T_2$	0.038 -0.0449	= -0.0069 + 0.038	= 0.0311
$R_3 T_3$	0.038 -0.02765	= 0.01035 + 0.038	= 0.04835
$R_3 T_4$	0.038 -0.02075	= 0.01725 + 0.038	= 0.05525
$R_3 T_5$	0.038 -0.038	= 0 + 0.038	= 0.038
$R_3 T_6$	0.038 -0.0173	= 0.0207 + 0.038	= 0.0587
$R_4 T_1$	0.04835-0.04145	= 0.0069 + 0.038	= 0.0449
$R_4 T_2$	0.04835-0.0449	= 0.00345 + 0.038	= 0.04145
$R_4 T_3$	0.04835-0.02765	= 0.0207 + 0.038	= 0.0587
$R_4 T_4$	0.04835-0.02075	= 0.0276 + 0.038	= 0.0656
$R_4 T_5$	0.04835-0.038	= 0.01035 + 0.038	= 0.04835
$R_4 T_6$	0.04835-0.0173	= 0.03105 + 0.038	= 0.06905

*Factor de correlación (F.C.) = 0.038%

Es debido a la fluctuación del contenido de nitrógeno en el suelo.

Tabla No.3. Transformación de N. consumido por la planta.
(porcentaje en gramos).

	N. de la planta (g./p.)	X N. consumido por la planta (%)	÷ 100=N. consumido por la planta (g.)
R ₁ T ₁	0.3054	X 0.0173	÷ 100=0.0000528
R ₁ T ₂	0.2660	X 0.01385	÷ 100=0.0000368
R ₁ T ₃	0.3361	X 0.0069	÷ 100=0.0000232
R ₁ T ₄	0.3331	X 0.038	÷ 100=0.0001266
R ₁ T ₅	0.2488	X 0.02075	÷ 100=0.0000516
R ₁ T ₆	0.3734	X 0.04145	÷ 100=0.0001548
R ₂ T ₁	0.4039	X 0.04145	÷ 100=0.0001674
R ₂ T ₂	0.4268	X 0.038	÷ 100=0.0001622
R ₂ T ₃	0.3673	X 0.05525	÷ 100=0.0002029
R ₂ T ₄	0.2702	X 0.06215	÷ 100=0.0001679
R ₂ T ₅	0.3473	X 0.0449	÷ 100=0.0001559
R ₂ T ₆	0.2463	X 0.0656	÷ 100=0.0001616
R ₃ T ₁	0.4781	X 0.03455	÷ 100=0.0001652
R ₃ T ₂	0.3416	X 0.0311	÷ 100=0.0001062
R ₃ T ₃	0.4347	X 0.04835	÷ 100=0.0002102
R ₃ T ₄	0.6578	X 0.05525	÷ 100=0.0003634
R ₃ T ₅	0.4835	X 0.038	÷ 100=0.0001837
R ₃ T ₆	0.3690	X 0.0587	÷ 100=0.0002166
R ₄ T ₁	0.4398	X 0.0449	÷ 100=0.0001975
R ₄ T ₂	0.3989	X 0.04145	÷ 100=0.0001653
R ₄ T ₃	0.4659	X 0.0587	÷ 100=0.0002735
R ₄ T ₄	0.4401	X 0.0656	÷ 100=0.0002887
R ₄ T ₅	0.3524	X 0.04835	÷ 100=0.0001704
R ₄ T ₆	0.5318	X 0.06905	÷ 100=0.0003672

Tabla No.4. Determinación del nitrógeno fijado por la bacteria en la planta.

	N. de la planta (g.)	- N. consumido por la planta (g.)	= N. fijado (g.)
R ₁ T ₁	0.3054	- 0.0000528	= 0.3053472
R ₁ T ₂	0.2660	- 0.0000368	= 0.2659632
R ₁ T ₃	0.3361	- 0.0000232	= 0.3360768
R ₁ T ₄	0.3331	- 0.0001266	= 0.3329734
R ₁ T ₅	0.2488	- 0.0000516	= 0.2487484
R ₁ T ₆	0.3734	- 0.0001548	= 0.3732452
R ₂ T ₁	0.4039	- 0.0001674	= 0.4037326
R ₂ T ₂	0.4268	- 0.0001622	= 0.4266378
R ₂ T ₃	0.3673	- 0.0002029	= 0.3670971
R ₂ T ₄	0.2702	- 0.0001679	= 0.2700321
R ₂ T ₅	0.3473	- 0.0001559	= 0.3471441
R ₂ T ₆	0.2463	- 0.0001616	= 0.2461384
R ₃ T ₁	0.4781	- 0.0001652	= 0.4779348
R ₃ T ₂	0.3416	- 0.0001062	= 0.3414938
R ₃ T ₃	0.4347	- 0.0002102	= 0.4344898
R ₃ T ₄	0.6578	- 0.0003634	= 0.6574366
R ₃ T ₅	0.4835	- 0.0001837	= 0.4833163
R ₃ T ₆	0.3690	- 0.0002166	= 0.3687834
R ₄ T ₁	0.4398	- 0.0001975	= 0.4396025
R ₄ T ₂	0.3989	- 0.0001653	= 0.3987347
R ₄ T ₃	0.4659	- 0.0002735	= 0.4656265
R ₄ T ₄	0.4401	- 0.0002887	= 0.4398113
R ₄ T ₅	0.3524	- 0.0001704	= 0.3522296
R ₄ T ₆	0.5318	- 0.0003672	= 0.5314328

Tabla No.5. Determinación del nitrógeno total fijado por tratamiento y repetición.

Tratamiento	I	II	III	IV
1. Testigo	0.3053472	0.4037326	0.4779348	0.4396025
2. FM-138	0.2659632	0.4266378	0.3414938	0.3987347
3. FAHQL-8	0.3360768	0.3670971	0.4344898	0.4656265
4. C.Q.	0.3329734	0.2700321	0.6574366	0.4398113
5. FM-425	0.2487484	0.3471441	0.4833163	0.3522296
6. FM-428	0.3732452	0.2461384	0.3687834	0.5314328

Tratamiento	Total	\bar{x} g./p.
1. Testigo	1.6266171	0.4066543
2. FM-138	1.4328295	0.3582074
3. FAHQL-8	1.6032902	0.4008226
4. C.Q.	1.7002534	0.4250634
5. FM-425	1.4314384	0.3578596
6. FM-428	1.5195998	0.3799

Tabla No.6. Resultados del análisis de suelo realizados en el sitio experimental. Marín, N.L.

Determinación	Análisis	Clasificación Agronómica
pH	8.4	Moderadamente alcalino
Textura:		
Arena %	35.53	
Limo %	15.65	Arcilloso
Arcilla %	48.86	
Material Orgánica%	0.85	Pobre
Nitrógeno total %	0.038	Extremadamente pobre

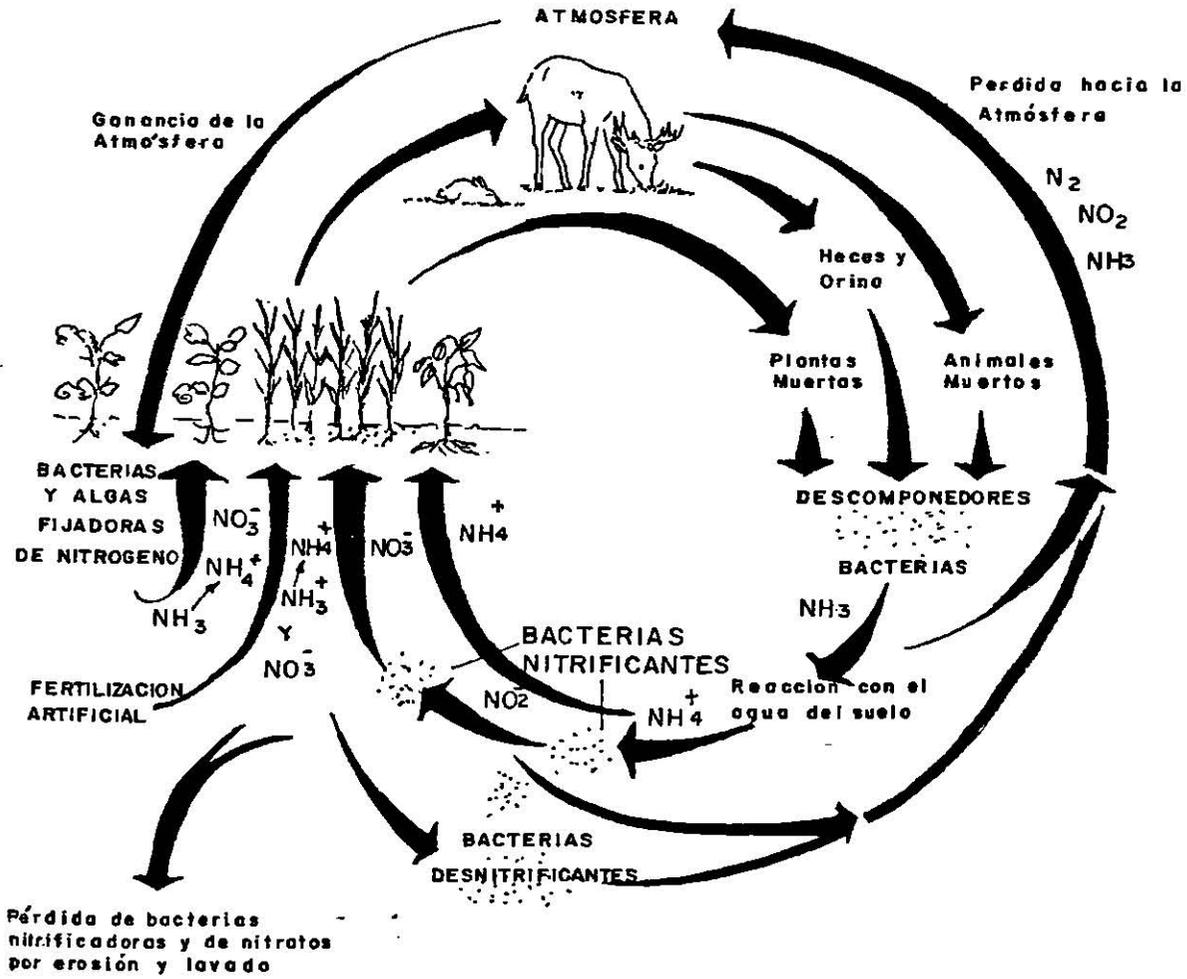


Figura No.1. Ciclo del nitrógeno (Tomado de C.N.E.B.; 1974):

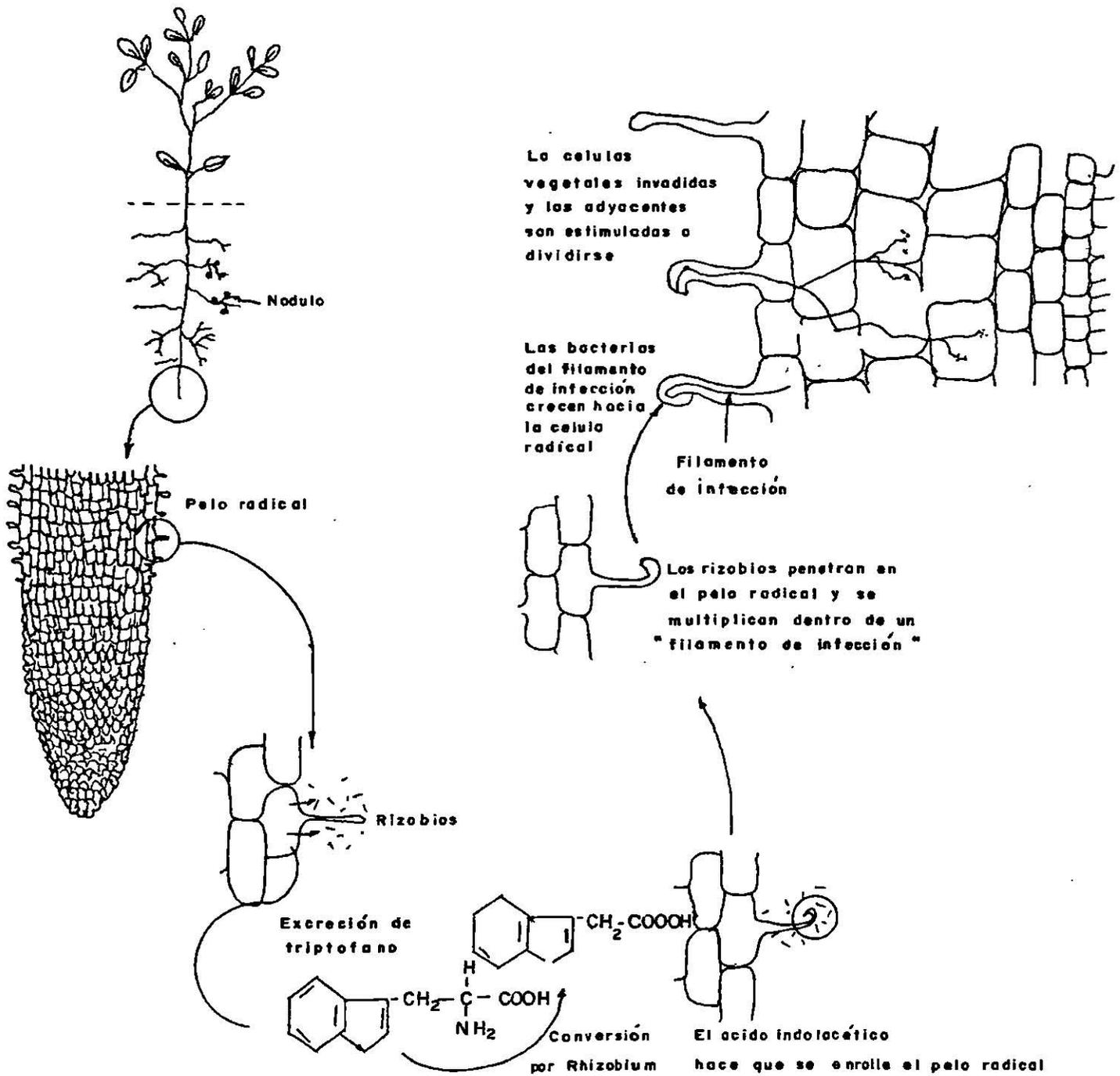


Figura No.2. Etapas de la formación de un nódulo radical.
(Tomado de Mendoza Cano, 1986).

TEMPERATURA

— Máxima
 - - - Media
 · · · · · Mínima

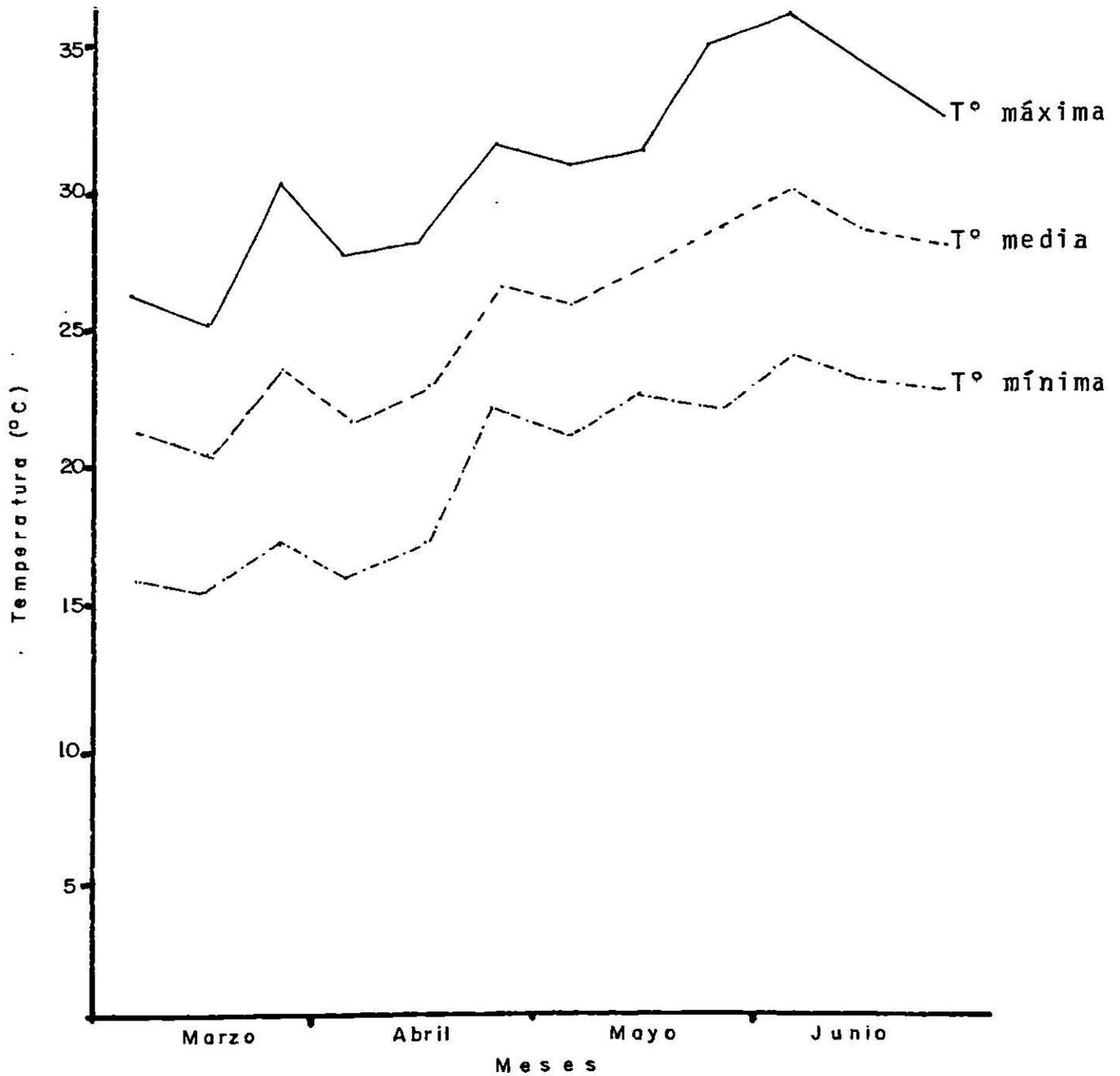


Figura No.3. Datos de temperaturas medias, mínima, máxima y media, en °C, del mes de Marzo a Junio de 1985 en Marín, N.L.

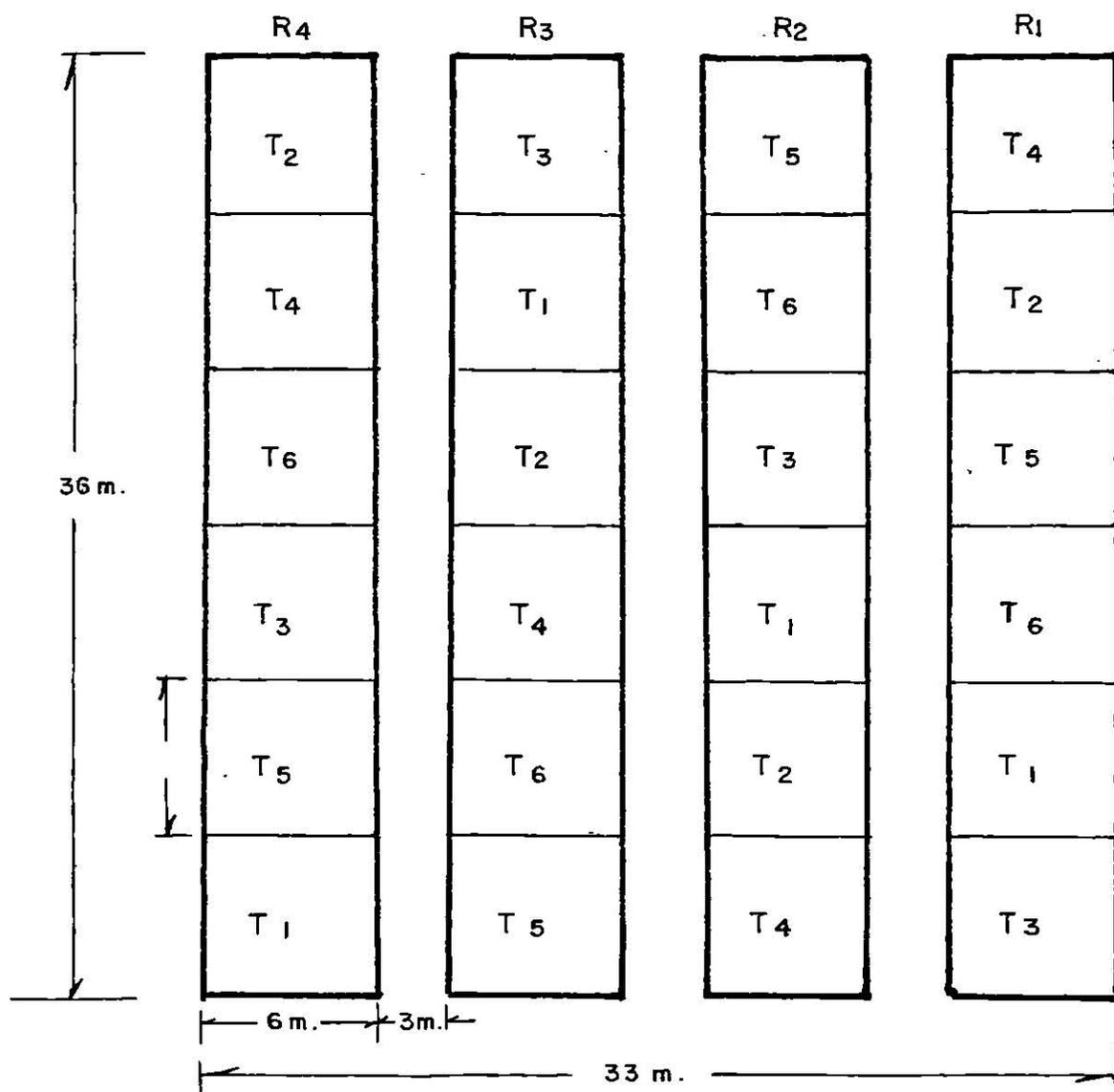
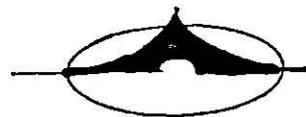


Figura No.4. Distribución al azar de los tratamientos en el campo. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo temprano 1985.

