

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



PRUEBA COMPARATIVA DE 4 DOSIS DE  
FERTILIZANTE NITROGENADO (UREA) Y 1 CEPA  
ESPECIFICA DE (Rhizobium phaseoli)  
EN FRIJOL (Phaseolus vulgaris, L.) EN MARIN, N. L.

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTAN:

JESUS RAMIRO QUIROGA VILLARREAL  
LUIS ALBERTO QUILANTAN GONZALEZ

MARIN, N. L.,

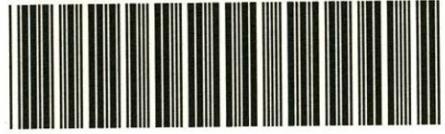
JUNIO DE 1986

T

SB327

Q5

c.1

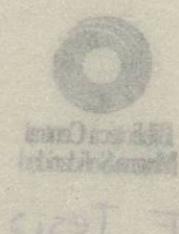


1080063491

7  
26329  
20

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



PRUEBA COMPARATIVA DE 4 DOSIS DE  
FERTILIZANTE NITROGENADO (UREA) Y 1 CEPA  
ESPECIFICA DE (Rhizobium phaseoli)  
EN FRIJOL (Phaseolus vulgaris, L.) EN MARIN, N. L.

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTAN:  
JESUS RAMIRO QUIROGA VILLARREAL  
LUIS ALBERTO QUILANTAN GONZALEZ

MARIN, N. L.,

JUNIO DE 1986

005803

T  
SB327  
Q5

BURGER  
94/F  
C L  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA



Biblioteca Central  
Misma Solidaridad

F. Tesis

040.631

FA7

1986

C5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

PRUEBA COMPARATIVA DE 4 DOSIS DE FERTILIZANTE NITRO-  
GENADO (UREA) Y 1 CEPA ESPECIFICA DE (Rhizobium phaseoli)  
EN FRIJOL (Phaseolus vulgaris, L.) EN MARIN, N.L.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A N

JESUS RAMIRO QUIROGA VILLARREAL

LUIS ALBERTO QUILANTAN GONZALEZ

MARIN, N.L.

JUNIO DE 1986.

A DIOS:

Por bendecir nuestro hogar.

A MIS PADRES:

SR. ENRIQUE QUIROGA RUIZ

SRA. GUADALUPE VILLARREAL DE QUIROGA

Con mucho cariño y respeto, por el apoyo que siempre me brindaron para llegar a la culminación de mi carrera.

A MIS HERMANOS:

JOSE ENRIQUE

MIREYA GUADALUPE

SILVIA ESTHELA

MARCO ANTONIO

NILDA GLORIA

MARIO ALBERTO

JULIO CESAR

Que me dieron su apoyo en todo momento y motivaron en mí el sentimiento del deber.

A MIS TIOS, SOBRINOS, AMIGOS Y DEMAS FAMILIARES:

Que siempre confiaron en mí.

A MI NOVIA :

SRITA. YOLANDA BEATRIZ MARTINEZ LOZANO

Con todo mi amor.

A DIOS:

Por bendecir nuestro hogar.

A MI PADRE: SR. DIONISIO QUILANTAN ORTEGA

Por el impulso que siempre ejerció hacia mí, para la culminación de mi carrera.

A MI MADRE: SRA. SIDALIA GONZALEZ DE QUILANTAN

Por su apoyo y cariño recibido durante toda mi vida.

A MIS HERMANAS:

MARTHA IDALIA

MA. CRISTINA

ADRIANA

LAURA ELENA

Por la ayuda y comprensión que siempre me brindaron.

A MI SOBRINO: TEMO

Por la alegría que trajo a nuestro hogar.

A TODOS MIS TIOS, PRIMOS, AMIGOS Y DEMAS FAMILIARES:

Que de alguna manera siempre estuvieron conmigo.

## AGRADECIMIENTOS

ING. RONALD JORGE LECEA JUAREZ

Por su valiosa asesoría y por depositar en nosotros la confianza, brindándonos su amistad y apoyo para la realización de este trabajo.

ING. JAIME ALDAPE BOTELLO

Por la ayuda brindada en la redacción e interpretación del análisis estadístico.

ING. M.C. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL

Por brindarnos su amistad y apoyo desinteresadamente durante el transcurso de nuestra carrera.

ING. M.C. HUMBERTO RODRIGUEZ FUENTES

Por su valiosa cooperación para la realización de este trabajo.

ING. ANTONIO DURON ALONSO

Por la ayuda que nos brindó para realizar el análisis estadístico en el Centro de Informática de la F.A.U.A.N.L.

A LA SRA. MARIA ELENA GARCIA. Por su labor mecanográfica.

# I N D I C E

	PAGINA
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
II.1. Importancia del cultivo del frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> L.).....	4
II.2. Origen.....	4
II.3. Distribución.....	5
II.4. Clasificación.....	5
II.5. Condiciones ecológicas generales para el frijol.....	9
II.6. Fijación biológica del nitrógeno.....	11
II.7. Relación Planta-Bacteria.....	19
II.8. Factores que afectan el proceso de nodula- ción y la fijación de nitrógeno.....	28
II.9. Trabajos afines.....	31
III. MATERIALES Y METODOS.....	35
A. Localización del sitio experimental.....	35
B. Condiciones edáficas y climáticas del sitio experimental.....	35
C. Preparación del terreno.....	37
D. Diseño experimental.....	37

	PAGINA
E. Inoculación.....	39
F. Características de la variedad Delicias 71, Selección 4.....	40
G. Siembra.....	40
H. Labores de cultivo realizadas.....	41
I. Otras labores de cultivo.....	42
J. Incidencia de plagas y enfermedades.....	42
K. Cosecha.....	43
IV. OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	46
V. RESULTADOS.....	47
VI. DISCUSION.....	52
VII. CONCLUSIONES.....	54
VIII. RECOMENDACIONES.....	55
IX. RESUMEN.....	56
X. BIBLIOGRAFIA.....	58
XI. APENDICE.....	63

## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA		PAGINA
1	Ciclo del Nitrógeno.....	17
2	Forma de infección de la bacteria.....	22
3	Mecanismo de la fijación de nitrógeno con sus pasos en la reducción de N <sub>2</sub> a NH <sub>3</sub> .....	24
4	Registro de temperaturas mínima, media y máxima en °C, de agosto a noviembre de 1985. Marín, N.L.....	75
5	Registro de humedad relativa y evaporación en Marín, N.L. de agosto-noviembre de 1985.....	76
6	Registro de precipitación en Marín, N.L. de agosto-noviembre de 1985.....	77
7	Distribución física de los tratamientos.	78
<b>TABLA</b>		
1	Grupos de inoculación cruzada y asociaciones de <u>Rhizobium</u> -leguminosas.....	27
2	Resultados del análisis de suelo realizado en el sitio experimental. Marín, N.L..	36
3	Resultados de la relación Beneficio-costo (B/c) para los diferentes tratamientos en orden.....	51

4	Datos del coeficiente de variación para cada una de las variables estudiadas...	64
5	Concentración de datos para la variable altura de la planta. Prueba comparativa de una cepa ( <u>Rhizobium phaseoli</u> ) con 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> , L.) en Marín, N.L.....	65
6	Análisis de varianza para la variable altura de la planta.....	65
7	Concentración de datos para la variable peso de vainas. Prueba comparativa de una cepa ( <u>Rhizobium phaseoli</u> ) en 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> , L.) en Marín, N.L.....	66
8	Análisis estadístico para peso de vainas.....	66
9	Concentración de datos para la variable peso de la planta. Prueba comparativa de una cepa ( <u>Rhizobium phaseoli</u> ) con 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> , L.) en Marín, N.L.....	67
10	Análisis de varianza para peso de la planta.....	67

11	Concentración de datos para la variable número de granos por planta. Prueba comparativa de una cepa ( <u>Rhizobium phaseoli</u> ) con 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> , L.) en Marín, N.L.....	68
12	Análisis de varianza para el número de granos por planta.....	68
13	Concentración de datos para la variable número de vainas por planta. Prueba comparativa de una cepa ( <u>Rhizobium phaseoli</u> ) con 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> , L.) en Marín, N.L.....	69
14	Análisis de varianza para el número de vainas por planta.....	69
15	Concentración de datos para la variable número de granos por vaina. Prueba comparativa de una cepa ( <u>Rhizobium phaseoli</u> ) con 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> , L.) en Marín, N.L.....	70
16	Análisis de varianza para el número de granos por vaina.....	70
17	Concentración de datos para la variable peso de granos. Prueba comparativa de una cepa ( <u>Rhizobium phaseoli</u> ) con 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> , L.) en Marín, N.L.....	71

18	Análisis de varianza para peso de granos.....	71
19	Concentración de datos para la variable por ciento de nitrógeno. Prueba comparativa de una cepa ( <u>Rhizobium phaseoli</u> ) con 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> , L.) en Marín, N.L.....	72
20	Análisis de varianza para el por ciento de nitrógeno.....	72
21	Costos fijos de producción (\$/ha) para frijol autorizado por S.A.R.H. (Ciclo tardío 1985).....	73
22	Costos variables de producción (Fertilizante e inoculante).....	73
	Fórmula para determinar el porcentaje de eficiencia del diseño bloques completos al azar.....	74

## I. INTRODUCCION

En la actualidad México está viviendo una etapa crítica que se proyecta básicamente en una deficiente producción de alimentos. Es por ello necesario incrementar la investigación en la producción de granos básicos, entre los cuales se encuentra el frijol, considerado como constituyente elemental en la dieta mexicana (y de otros países de Latinoamérica) por su alto contenido de proteínas.

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

De todos los elementos necesarios para el crecimiento de las plantas, el nitrógeno es el más importante y el que interviene en mayor cantidad, ya que es esencial para la formación de proteínas, aminoácidos, hormonas, producción de clorofila y vitaminas.

Debido al continuo agotamiento de las fuentes de nitrógeno del suelo y la necesidad de producciones más altas en los cultivos, esto ha dado lugar a un creciente interés por conservar la reserva limitada de dicho elemento.

El aire posee más de un 75% de nitrógeno, siendo una can

tividad casi ilimitada, pero las plantas no poseen moléculas receptoras de nitrógeno atmosférico por lo cual no pueden utilizarlo.

El frijol tiene la capacidad de asociarse en forma simbiótica con bacterias de género Rhizobium y fijar nitrógeno atmosférico, por lo que, mediante el manejo adecuado de dicho proceso, se puede obtener un ahorro parcial de los fertilizantes nitrogenados. Debido a la crisis energética causada por el aumento del costo de los hidrocarburos, se hace interesante el estudio de la asociación simbiótica de Phaseolus vulgaris L. y Rhizobium phaseoli.

Estudios realizados en México por diversos investigadores empleando la inoculación en frijol sembrado en terrenos de riego y temporal, muestran resultados no muy satisfactorios a favor del uso de inoculantes con respecto al aumento en rendimiento y nodulación en frijol.

El hecho de que el frijol requiera a veces hasta 100 Kg de fertilizante nitrogenado por hectárea, aún siendo leguminosa, nos revela la baja eficiencia de la fijación simbiótica de nitrógeno tanto por parte de las cepas nativas como por las cepas empleadas en los inoculantes comerciales.

Debido a que la asociación simbiótica es natural y la obtención de éstos resultados se hace necesario éste tipo de trabajos, los cuales deluciden la mejor forma de inocular, en el mejor lugar y utilizando ambos organismos (planta-bacteria) lo mayormente compatibles.

El presente trabajo forma parte del proyecto de "Fijación biológica de nitrógeno" de la F.A.U.A.N.L. en coordinación con el C.O.N.A.C.Y.T.

## II. REVISION DE LITERATURA

### II.1. Importancia del cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.)

El cultivo del frijol de acuerdo a la superficie sembrada en México, ocupa el segundo lugar en importancia después del maíz. Por otra parte y desde la época precolombina, el frijol siempre ha constituido parte importante en la alimentación del pueblo mexicano.

Esta leguminosa con su alto contenido de proteína, ha sido la fuente más importante en el aprovisionamiento de este elemento nutricional, ya que proporciona el 33% de la proteína diaria consumida, aportando principalmente aminoácidos esenciales, tales como la metionina y cisteína, los cuales son diferentes en el maíz y en los demás cultivos amiláceos. Al respecto cabe señalar que el contenido de proteínas del frijol oscila entre el 19.2 a 27.9%.

### II.2. Origen.

El origen de Phaseolus vulgaris L. considerando los sitios arqueológicos donde se ha encontrado frijol y en base a la variabilidad genética de la especie, tanto en formas silvestres como cultivadas, investigadores como Miranda (1967)

señalan que el frijol Phaseolus vulgaris L. es originario de América; mencionan también como centro de diversificación primaria el área México-Guatemala, donde muy posiblemente se localiza su centro de origen (Lépiz, 1983; Engleman, 1979).

### II.3. Distribución.

Phaseolus vulgaris L. conocido como frijol común, es el de mayor importancia agronómica y económica; se cultiva en todos los estados del país desde el nivel del mar hasta los 2,400 msnm. La forma silvestre se localiza principalmente a ambos lados de la Sierra Madre Occidental, desde Oaxaca hasta Sinaloa y Durango en una franja de transición ecológica situada entre los 500 y 1800 msnm, localizándose la mayor frecuencia a una altura de 1200 m (Miranda, 1967 citado por Lépiz, 1983).

### II.4. Clasificación.

#### A) Taxonomía:

El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) se clasifica de la siguiente manera según Conzatti (1902) y Sánchez (1975).

Reino.....	Vegetal
Subreino.....	Plantas
Phylum.....	Tracheophyta

Clase.....	Angiospermas
Subclase.....	Dicotyledoneae
Orden.....	Rosales
Suborden.....	Rosinae
Familia.....	Leguminosae
Subfamilia.....	Papilionoidea
Tribu.....	Faseolea
Subtribu.....	Faseolineae
Género.....	<u>Phaseolus</u>
Especie.....	<u>vulgaris</u> L.

#### B) Morfología:

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; los pelos absorbentes, órganos epidérmicos, especializados en la absorción de agua y nutrimentos, se localizan en las partes jóvenes de las raíces laterales, donde viven en simbiosis con la planta las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico. Aunque el sistema radical presenta variación, en general se le considera como fibroso o tuberoso (Lépiz, 1983).

Tallo.- El tallo joven es herbáceo y semileñoso al final de ciclo; es milimétrico y consta de 3 ó 4 nudos, su porción más baja es el nudo, de donde surgen los cotiledones, este primer nudo es, a su vez, la parte más alta del hipocotilo. En el segundo nudo se inserta el primer par de hojas verdaderas, las cuales son simples y opuestas; el segundo entrenudo recibe el nombre de epicotilo. En el tercer nudo emerge la primer hoja compuesta, a partir de la cuál todas las demás son trifolioladas y alternas.

El tallo es variable en longitud y ramificaciones, lo que depende del número de nudos y entrenudos. En esto se basa la clasificación de las plantas de crecimiento: indeterminado, determinado y de mata (Lépiz, 1983).

Hojas.- Son de dos tipos: simples y compuestas, insertadas a los nudos de tallos y ramas mediante el pecíolo. Los cotiledones (hojas seminales) constituyen el primer par de hojas, proveen las sustancias de reserva a la planta durante la germinación y emergencia y elaboran los primeros carbohidratos a través de la fotosíntesis en sus cloroplastos; son de poca duración. El segundo par de hojas y primeras hojas verdaderas, se desarrolla en el segundo nudo, son simples, opuestas y cordadas (Miranda, 1966; Ospina et al., 1980 citado por

Lépiz, 1983).

A partir del tercer nudo, desarrollan las hojas compuestas, las cuales son alternas, de tres folíolos, un pecíolo y un raquis.

Flores.- Las flores del frijol se desarrollan en una inflorescencia de racimo, estas son papilionada de simetría bilateral, pedicelada, el cáliz es gamosépalo, companulado, con cinco dientes triangulares. La corola es pentámera, 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 el quilla, que es asimétrica, cerrada y en forma de espiral, la cual envuelve completamente a los estambres y pistilos. 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 (Sánchez, 1975).

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

semillas se unen a las valvas en forma alterna sobre la sutura placental (Miranda, 1966, citado por Lépiz, 1983).

C) Variedades:

Las variedades más comunes de la región son: pintos nacionales, delicias 71, flor de mayo, negro jamapa, canario 101, agrarista (S.A.R.H. 1980).

II.5. Condiciones ecológicas generales para el frijol.

A) Temperatura:

Las temperaturas aptas para su desarrollo son las siguientes:

Media óptima	15 - 20°C.
Media máxima	27°C.
Media mínima	10°C.

Por arriba de dichas temperaturas se presentan dificultades para el desarrollo, marcándose más en la etapa de floración ya que provoca la caída de flores, así como también bajas temperaturas ya que el cultivo no es resistente a heladas (Casseres, 1966).

B) Fotoperíodo:

El cultivo del frijol se adapta mejor a días relativamente

te largos (11-12 horas) ya que aquí florece por más tiempo y se logra una mejor producción (Anónimo, 1982).

C) Climas:

El cultivo generalmente se adapta a una gran variedad de climas por lo cual se cultiva en la mayor parte de las zonas agrícolas del país.

D) Humedad:

El cultivo del frijol requiere de 600-800 mm de precipitación por ciclo, para su óptimo desarrollo (Anónimo, 1983).

E) Suelos:

El frijol se desarrolla bien en suelos livianos y bien drenados, aunque se puede producir en suelos pesados de varios tipos desde suelos cuya textura varía de franco-limoso a ligeramente arenoso, hasta franco-arcilloso (Casseres, 1966; Sarli, s/a).

F) pH del suelo:

El cultivo del frijol prospera bien con pH's de 5.5 a 6.5. Con valores superiores a éstos se afecta la disponibilidad de nutrientes (Casseres, 1966).

## II.6. Fijación biológica del nitrógeno.

### A) Antecedentes:

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 por conservar la reserva limitada del elemento. A causa de que solo 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  $N_2$  atmosférico. Existen casos en los cuales se puede establecer una simbiosis, en donde uno de los efectos más importantes de la asociación es la adquisición de  $N_2$  de la atmósfera. Se requieren dos miembros para la asociación: una planta y un microorganismo. El ejem-plo tradicional de esta simbiosis es entre las plantas legumininosas y las bacterias del género Rhizobium.

Las relaciones entre la formación de nódulos y la asimi-lación de  $N_2$  se demostró por primera vez en 1888 por Hellriegel y Wilfarth (Alexander, 1980).

La fijación simbiótica ha sido más estudiada en las leguminosas, en las cuales los nódulos bacterianos formados por Rhizobium han sido objeto de especial interés durante más de

un siglo.

La prueba de que las leguminosas podían utilizar el nitrógeno atmosférico fue dada por Boussingault en 1838, si bien la relación entre nodulación y fijación de nitrógeno no fue dada claramente hasta los trabajos de Hellriegel y Wilfarth en 1888. Estos autores cultivaron cereales y leguminosas en arena con distintos niveles de nitrógeno. Mientras que los cereales mostraban el esperado aumento de crecimiento al aumentar los niveles de nitrógeno, los resultados en las leguminosas eran vacilantes. Beijerinck aisló las bacterias de los nódulos y las describió dándoles la denominación de Bacillus radicicola. Estas bacterias se encuadran ahora en el género Rhizobium.

Fred, Baldwin y Mc Coy, sitúan las distintas cepas en uno de los siete grupos de inoculación cruzada, según la planta huésped infectada (Burgess, 1960).

Sir Humphrey Davy creía que los nitratos se formaban por la oxidación del amoníaco. Posteriormente se demostró que existía una oxidación de este tipo y Pasteur sugirió que la llevaban a cabo unos microorganismos. Esto fue demostrado en 1877 por Schloesing y Muntz estudiando la purificación de las aguas residuales de Paris (Hawker et al., 1964).

En la década de 1890. Beijerinck y otros descubrieron el proceso por el cual el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), el compuesto nitrogenado más simple del suelo, se oxida primero a nitrito ( $\text{NaNO}_2$ ) por las bacterias de los géneros Nitrosomonas y Nitrosococcus y luego a nitrato ( $\text{NaNO}_3$ ) por organismos de los géneros Nitrobacter y Nitrocystis (Burdon, 1976).

Schloesing y Laurent (1892) comprobaron que la ganancia de nitrógeno por las plantas se equilibraba con una pérdida correspondiente de aquel por la atmósfera. En fecha más reciente se ha confirmado la antigua teoría de que el proceso de fijación reside en los nódulos radiculares. Magee y Burris (1954) mediante el  $\text{N}^{15}$ , comprobaron que los nódulos siguen fijando nitrógeno por un corto período, luego de separados de las plantas.

Giobel (1926) resumió los datos que obtuvo de cantidad de nitrógeno fijado simbióticamente por las plantas y encontró cantidades que van desde 56 a 323 Kg de N/ha/año.

Además, Allen y Allen (1958) y Vincout (1965) llevaron a cabo más experimentos sobre el particular, y se ha comunicado que, en un período de crecimiento un solo cultivo pudo fijar 670 Kg de N/ha/año (Black, 1975).

## B) Ciclo del nitrógeno en la naturaleza:

El ciclo del nitrógeno en la naturaleza se compone de cuatro etapas que son: (Jackson, 1974)

### - Amonización o Mineralización:

Es el cambio de los compuestos orgánicos nitrogenados a una forma inorgánica o mineral, sales de amonio o nitratos. Durante este proceso puede haber una sesión de amonio gaseoso a la atmósfera, pero esto sólo es probable en suelos alcalinos a los que se han 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.

### - 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. Los organismos principalmente responsables, las bacterias nitrificantes, son autótrofas y obtienen toda su energía de la oxidación del amonio a nitrito y del nitrito a nitrato. Parte de la energía desprendida se utiliza para obtener carbono por reducción del dióxido de carbono o bicarbonatos. Esto suministra la materia prima para todos los compues-

tos orgánicos que precisan nitrógeno.

La primera etapa de la nitrificación 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. Afortunadamente, el nitrito, en general, se oxida a mayor velocidad de la que se forma, pero cuando en un suelo alcalino existen grandes cantidades de amonio y la temperatura del mismo es baja pueden acumularse nitritos.

El nitrato es una buena fuente de nitrógeno para las plantas, pero es lavado (o lixiviado) del suelo por la lluvia. Así, la nitrificación puede originar un incremento de las pérdidas de nitrógeno del suelo.

- 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 ocurre en suelos carentes de oxígeno, esto es, en condiciones anaerobias o parcialmente anaerobias, y particularmente cuando el suelo contiene mucha

materia orgánica. El proceso es perjudicial desde el punto de vista agrícola, porque origina una pérdida neta de nitrógeno.

Las pérdidas de nitrógeno resultantes de la desnitrificación son mayores en los suelos mal avenados y pueden reducirse arando y avenando para mejorar la aireación del suelo.

- Inmovilización:

El nitrógeno puede perderse temporalmente para las plantas por otro proceso llamado inmovilización. Cuando se añaden al suelo residuos de cosechas que contienen mucho carbono respecto al nitrógeno, o sea, con una relación C/N alta, los microorganismos que atacan este material demandan más nitrógeno que el que contiene éste. Para satisfacer sus necesidades utilizan rápidamente todo el nitrógeno mineral existente como iones nitrato o amonio en el suelo, y por lo tanto lo convierten en inaprovechable para las plantas que no pueden competir con éxito. El nitrógeno así inmovilizado no se pierde del suelo, pero queda encerrado en las células de los microorganismos.

C) Descripción general de Rhizobium:

La familia Rhizobiaceae está formada por tres diferentes géneros: Rhizobium, Agrobacterium y Chromobacterium, Hawker (1964). El nombre de esta familia está formado de dos raíces

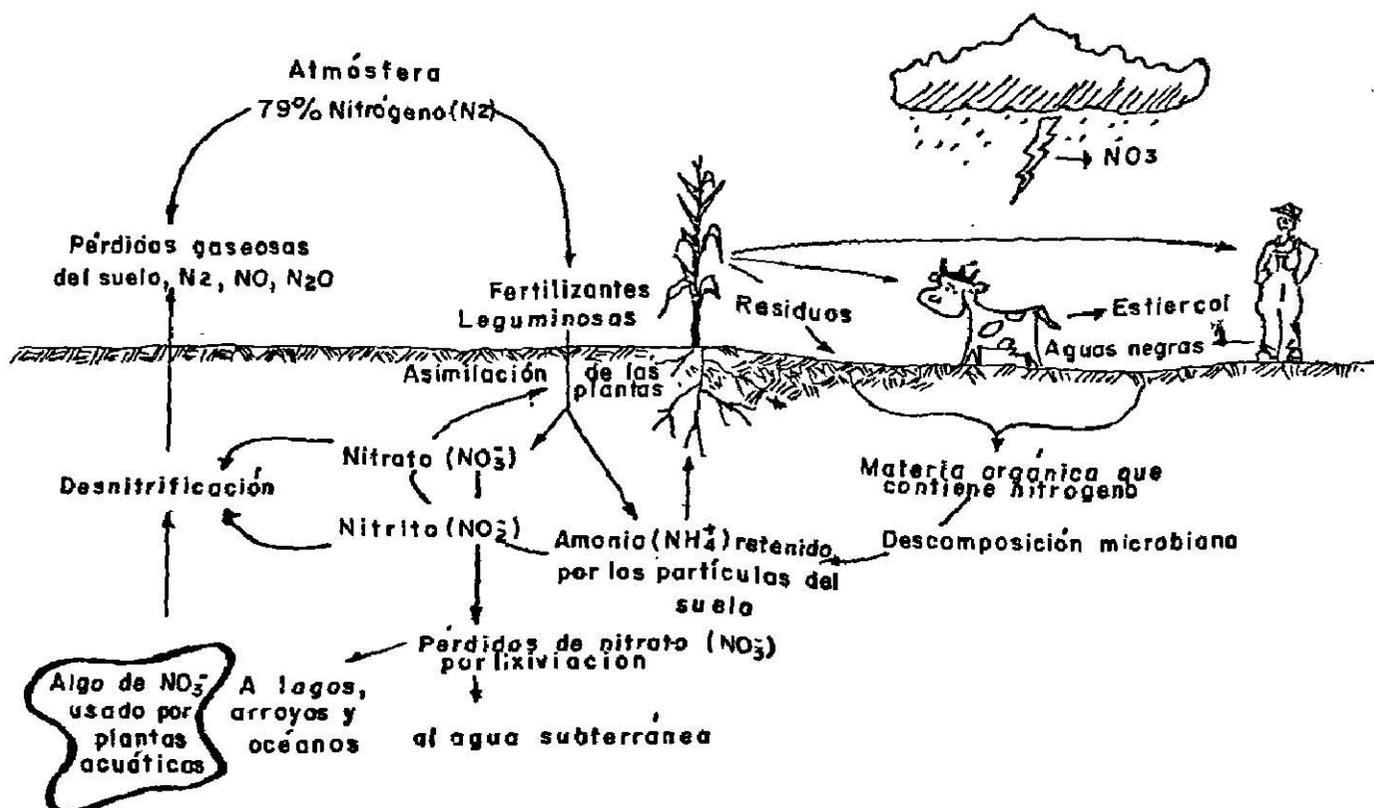


FIGURA 1. Ciclo del Nitrógeno.

griegas: "Rhiza" = raíz y "Bios" = vida.

El género *Rhizobium* contiene los bacilos gramnegativos flagelados que son capaces de entrar en simbiosis con leguminosas mediante la producción de nódulos radicales y de fijar nitrógeno durante esta simbiosis (Brock, 1978).

Este género de bacterias son aerobias y se desarrollan mejor a temperaturas entre 25 y 30°C. con una variación de pH que oscila entre 6 y 7. (Vincent, 1975).

#### D) Clasificación de Rhizobium:

Se clasifica de la siguiente manera según Burdon (1971) Hawker (1964).

División	Protophyta
Clase	Schizomycetes
Orden	Eubacteriales

Bacterias sencillas rígidas, esféricas o en cortos bastoncitos; las móviles tienen flagelos peritricos, sin pigmentos fotosintetizantes, se tiñen con facilidad por los colorantes de anilina, no ácido-resistente.

#### Familia Rhizobiaceae:

Bacilos generalmente gramnegativos; saprofitos o simbiotes.

Género Rhizobium:

Fija el nitrógeno cuando vive simbióticamente en las nodosidades de las raíces de las leguminosas.

E) Morfología:

Bacilos que miden de 0.5 a 0.9 por 1.2 a 3  $\mu$  móviles cuando son jóvenes, transformándose comúnmente en formas bacteroides: (Pelczar, 1966)

1.- En los medios artificiales de cultivo que contienen alcaloides o glucósidos, o en aquellos cuya acidez es elevada.

2.- Durante la simbiosis en el nódulo radicular gramnegativos, aerobios, heterótrofos que crecen mejor en los medios suplementados con extractos de levadura, malta y otros materiales vegetales, pueden reducir los nitratos o nitritos, pero no aprovechan los nitritos, no licúan la gelatina, o su acción es muy débil después de larga incubación. Temperatura óptima para su desarrollo 25°C. El pH para la mayor parte de las bacterias se encuentra entre 6.5 y 7.5.

## II.7. Relación Planta-Bacteria.

A) 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. Los productos químicos que inducen el crecimiento no benefician específicamente al organismo que es potencialmente capaz de inducir nodulación, y es probable que su efecto esté asociado con la estimulación de una variedad de tipos microbianos. De este modo, los rizobios pueden agregarse en diferentes sitios adyacentes a la raíz. Evidencias recientes indican que los polisacáridos en la superficie de las bacterias invasoras están relacionados o causan un enlace de estas células con constituyentes de la superficie de las plantas que potencialmente puedan nodular (Alexander, 1980).

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 prelude de la infección (Brock, 1978).

En la mayoría de las leguminosas la invasión ocurre a través de los pelos radiculares, que en presencia de la bacteria apropiada sufren una deformación o enroscamiento bajo la influencia de algunos productos bacterianos. La deformación de los pelos, es inducida en una sola especie de planta por diferentes cepas de Rhizobium, de manera que la especificidad del hospedero no está relacionada con esta fase del pro

ceso de nodulación (Alexander, 1980).

B) Modo de infección:

La infección en la planta se produce exclusivamente en los pelos radicales jóvenes. Alrededor del extremo del pelo radical se forman las bacterias y, formando un tubo infectivo, crecen introduciéndose hasta la base de los pelos radicales. Estos tubos rodeados por una membrana celulósica atraviesan a continuación las jóvenes paredes celulares de la epidermis y de la corteza de la raíz. Al encontrarse con una célula tetraploide del tejido cortical se provoca en dicha célula y en las células diploides vecinas una división celular; los tubos se ramifican y se distribuyen entre las células tetraploides. Los nódulos constituyen el resultado de esas excrecencias tisulares provocadas por los rizobios con mediación de sustancias de crecimiento. Las bacterias se multiplican muy de prisa y ocupan finalmente, ya sea individualmente o en grupos rodeados por una membrana, el citoplasma de las células vegetales. También aumenta el volumen de las bacterias (de 10 a 12 veces) y cambian de forma (formas involutivas, bacteroides) (Schlegel, 1979).

C) Bioquímica de la fijación de nitrógeno en los nódulos.

Los tejidos ocupados por las bacterias presentan una coloración rojiza, contienen leg-hemoglobina. Solo presentan

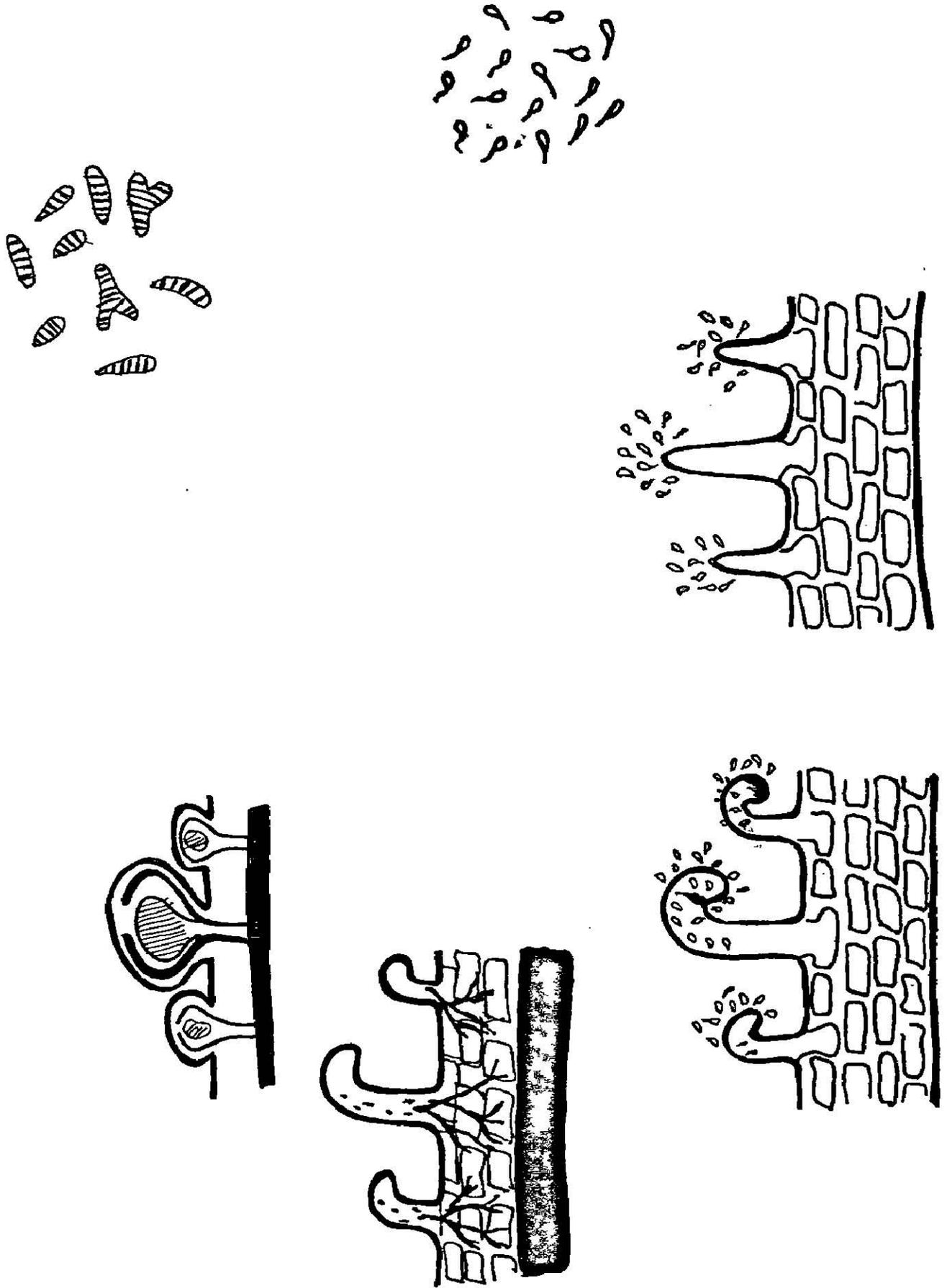


FIGURA 2. Forma de infección de la bacteria.

leg-hemoglobina los nódulos que fijan nitrógeno, los nódulos incapaces de fijar nitrógeno, no presentan dicho pigmento (Schlegel, 1979).

Esta regula la tensión de oxígeno proporcionando oxígeno a la bacteria, ya que es aerobia pero evitando que el oxígeno entre en contacto con la enzima nitrogenasa, la cual se inactivaría. Esta sustancia es co-producida por la planta y la bacteria.

La fijación del 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  $N_2$ , incluyendo sensibilidad al  $O_2$  y capacidad de reducir el acetileno así como el  $N_2$  (Brock, 1978).

Los Rizobios tienen un desarrollo aeróbico en medios ordinarios de cultivo que contengan glucosa; aprovechan este carbohidrato, y a veces otros sin formación de ácido (Salle, 1965). 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.

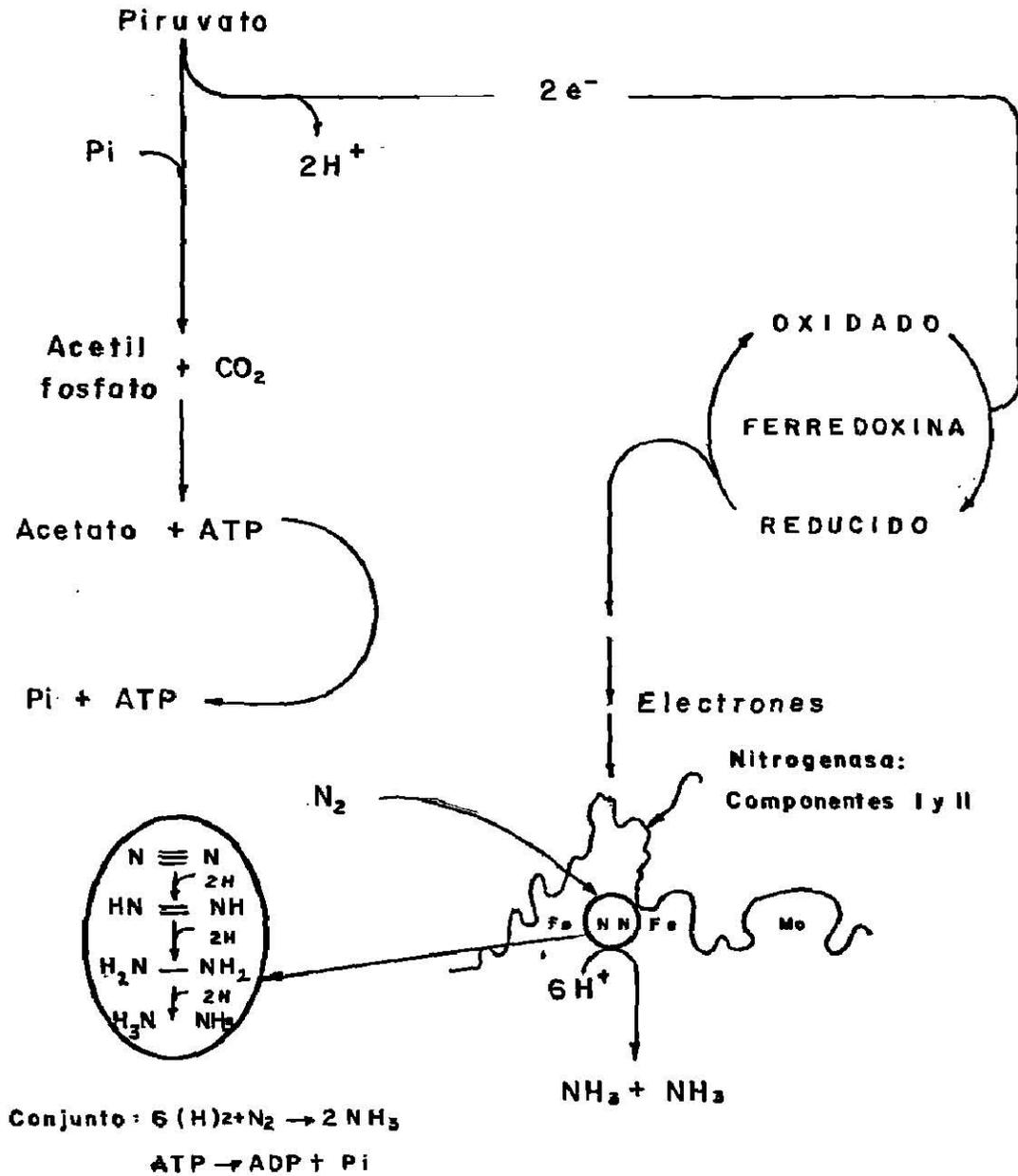


FIGURA 3. Mecanismo de la fijación de nitrógeno con sus pasos en la reducción de  $\text{N}_2$  a  $\text{NH}_3$ .

Debido a la estabilidad del enlace  $N \equiv N$ , el  $N_2$  es extremadamente inerte y su reducción es un proceso que requiere mucha energía, por lo tanto, dicho proceso requiere de ATP.

Los electrones para la reducción del nitrógeno son transferidos a la nitrogenasa desde la ferredoxina. En todos los organismos estudiados, además de la ferredoxina es necesario el ATP para la fijación del  $N_2$ .

El primer producto de la fijación biológica de  $N_2$  es  $NH_3$ ; 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.

#### D) Especificidad de la bacteria:

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, guisante y arveja, chícharos de vaca, judía, altramuz y soya. 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).

E) Efectividad de la bacteria:

(Capacidad relativa de la asociación planta-bacteria, una vez establecida, para asimilar nitrógeno molecular).

Muchas cepas de Rhizobium son muy efectivas mientras que otras son muy o completamente inefectivas. Una cepa que no permite fijación a una tasa suficiente que cubra las demandas del hospedero es parcialmente efectiva o totalmente inefectiva. Consecuentemente la mera presencia de nódulos no es garantía que un cultivo de leguminosas pueda beneficiarse con nitrógeno gaseoso. No se han establecido las razones bioquímicas por las que las cepas inefectivas son incapaces de asimilar  $N_2$  cuando se localizan en la estructura nodular.

Las bacterias inefectivas de los nódulos de las raíces producen un mayor número de nódulos que los cultivos efectivos, pero los nódulos son más pequeños en tamaño y tienden a estar más ampliamente distribuidos en el sistema radicular. Por otra parte, una sola cepa microbiana puede ser inefectiva o parcialmente efectiva en un hospedero que esté además asociado con la fijación activa de  $N_2$  en otra variedad o especie de leguminosa. Más aún, las cepas bacterianas que parecen efectivas en ciertos hospederos pueden alcanzar el parasitis-

TABLA 1. Grupos de inoculación cruzada y asociaciones de Rhizobium-leguminosas.

Grupo de Inoculación cruzada	Especies de <u>Rhizobium</u>	Género Hospedero	Leguminosas incluidas
Grupo de la alfalfa	<u>R. meliloti</u>	Medicago Melilotus Trigonella	Alfalfa Trébol dulce Alhíva
Grupo del trébol	<u>R. trifolii</u>	Trigolium	Tréboles
Grupo del chícharo	<u>R. leguminosarum</u>	Pisum Vicia Lathyrus Lens	Chícharo Algarroba Almorta Lenteja
Grupo del frijol	<u>R. phaseoli</u>	Phaseolus	Frijol
Grupo del altramuз	<u>R. lupini</u>	Lupinus Ornithopus	Altramuz Serradela o pie de pajarо
Grupo de la soya	<u>R. japonicum</u>	Glycine	Soya
Grupo del caupí	-	Vigna Lespedeza Crotalaria Pueraria Arachis Phaseolus	Caupí Trébol del Japón Crotalaria Kudzú Cacahuate Frijol lima

mo en otros. Por consiguiente, no es posible concluir que una cepa es efectiva o inefectiva en términos absolutos (Alexander, 1980).

Los nódulos ineficaces son incoloros, y, en cambio, los que fijan nitrógeno son de intenso color rosa, debido al pigmento leg-hemoglobina (Senez, 1976).

## II.8. Factores que afectan el proceso de nodulación y la fijación de nitrógeno.

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

### A) Factores Químicos:

La reacción del suelo es de gran importancia, no solo afecta el desarrollo 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 (Sánchez, 1964).

Whyte, Nilsson-Leissner (1968) afirman que la relación carbón/nitrógeno afecta la formación de nódulos por la planta.

El calcio aparte de modificar el pH del suelo, también influye de manera determinante en la absorción de elementos como boro, molibdeno y fósforo necesarios para la planta y la bacteria (Chávez, 1975, citado por Pérez, 1980).

El fósforo es importante en relación con las primeras fases inefectivas de la nodulación. Para que los rizobios puedan emigrar a través del suelo en dirección al sistema radical, es preciso que las células tengan motilidad y estén flageladas; el fósforo ejerce una acción pronunciada sobre la conservación de esa motilidad (Whyte, Nilsson-Leissner, 1968).

Mengel (1974) menciona que la importancia del potasio en el proceso de fijación simbiótica del nitrógeno, es debido a que interviene en el proceso enzimático, incrementa el contenido de nitrógeno fijado y la cantidad de carbohidratos sintetizados.

Las leguminosas necesitan el molibdeno enteramente, o casi enteramente, para el mecanismo de fijación del nitrógeno; pues las plantas pueden desarrollarse perfectamente bien, y sus raíces estar bien noduladas, en suelos con poco molibdeno, pero los nódulos no fijarán nitrógeno (Anderson, 1946, citado por Russell, 1968).

## B) Factores Físicos:

Se presenta un mayor número de nódulos cuando se tienen los factores de temperatura del suelo a 30°C, con un pH 7.3 y con materia orgánica. A temperatura del suelo de 40°C no se presenta nodulación (Gómez, 1963).

Alexander (1980) afirma que la nodulación se presenta a todas las temperaturas del suelo que tolera la planta, pero se reduce en extremos más fríos y es más sensible a las temperaturas elevadas.

Es necesario que exista un óptimo en la intensidad de luz para tener una máxima nodulación y por lo tanto, fijación de nitrógeno. Si una planta en proceso de nodulación es puesta en la oscuridad, la formación de nódulos cesa y los formados degeneran, la leg-hemoglobina se destruye y da origen a pigmentos verdes (Sánchez, 1964).

Virtanes y Laine (1945, citados por Sánchez, 1964) afirman que no se forma en los nódulos la leg-hemoglobina, cuando hay una carencia de oxígeno. Engle y Munding (1954, citados por Sánchez, 1964) encontraron un pobre crecimiento de leguminosas y un bajo contenido de hemoglobina en los nódulos, cuando los suelos eran de textura fina.

### C) Factores Biológicos:

Se pueden mencionar dentro de estos factores los daños producidos por: nemátodos, protozoarios, hongos, bacteriofagos, virus y la presencia de cepas de Rhizobium nativas.

Plantas superiores tales como las leguminosas pueden afectar la nodulación (Nutman, 1953, citado por Sánchez, 1964).

Mulder (1940, citado por Sánchez, 1964) cita a insectos como factor que afecta la nodulación entre estos que pueden causar efecto negativo en la fijación de nitrógeno tenemos Sitonema linealus ocupa un lugar especial pues sus larvas destruyen los nódulos de varias leguminosas.

### II.9. Trabajos afines.

Chávez et al. (1977) instalaron dos experimentos de invernadero con dos suelos del Valle de México y frijol de la variedad Negro N-150. En el primer experimento se tuvieron como variables en estudio: a) Molycofix, nombre comercial de una mezcla de sales de molibdeno, cobalto y fierro, aplicado a la semilla; b) Inoculantes comerciales Pagador y Nitrogin especiales para frijol y c) períodos entre la inoculación y el riego de germinación (0, 24, 48 y 72 horas).

En el segundo experimento se estudió la respuesta de fri

jol a dosis crecientes de nitrógeno (0, 60 y 120 Kg/ha) al fósforo (0 y 60 Kg/ha) y al Molycofix, con los inoculantes Pagador y Nitrogin.

A los 65 días después de la siembra se hizo un conteo de nódulos y se determinó el contenido de nitrógeno en la raíz y en el follaje de las plantas de todos los tratamientos. En la cosecha se determinó el rendimiento de grano, así como el contenido de nitrógeno en el grano en los distintos tratamientos.

La nodulación y el rendimiento de grano resultaron inalterados por la inoculación con las cepas comerciales o por la adición de Molycofix. La aplicación de nitrógeno redujo la nodulación, pero elevó el rendimiento de grano. La aplicación de inoculante aumentó el contenido de nitrógeno en la planta en algunos casos, pero en valores tan pequeños que su utilidad práctica es dudosa. El tiempo entre inoculación y riego de germinación, no tuvo efecto sobre la acción de los inoculantes.

López y Ferrara (1982) en Chapingo, México, realizaron dos experimentos con la asociación simbiótica de Rhizobium phaseoli - phaseolus vulgaris; con el fin de comprobar la eficiencia de esta asociación. Evaluaron tres cepas y una mezcla de las tres a tres niveles de fertilización fosfórica y dosis creciente de nitrógeno y fósforo sin inocular. Los resultados

obtenidos fueron los siguientes: para el primer experimento (a suelo profundo) el rendimiento más alto fue para la cepa CP-30 + 60 Kg de  $P_2O_5$ /ha; para el segundo experimento (en suelo delgado) el mayor rendimiento fue para la aplicación de 60 Kg de  $P_2O_5$ /ha sin inocular.

Chonay et al. (1983) evaluaron bajo condiciones de campo tres cepas de Rhizobium phaseoli y la mezcla de ellas en frijol (Phaseolus vulgaris L.) bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada al suelo y foliar aplicadas en dos épocas. Las conclusiones que se obtuvieron son las siguientes:

a) con respecto a las cepas de Rhizobium phaseoli no se observaron diferencias entre ellas; b) respecto a la forma de satisfacer las necesidades de nitrógeno del frijol (Phaseolus vulgaris L.) se observó en base a rendimiento de grano que la fertilización foliar resultó más eficiente que la inoculación con Rhizobium phaseoli y la fertilización nitrogenada al suelo.

Guerra y García (1985) realizaron en el Campo Agrícola Experimental de la Fac. de Agronomía de la U.A.N.L., en Marín, N.L. un trabajo con la finalidad de obtener información acerca de la comparación de una cepa de Rhizobium phaseoli con cuatro fertilizantes químicos nitrogenados a un mismo nivel en frijol (Phaseolus vulgaris L.)

Las dosis empleadas fue 40-100-00 y las fuentes fueron urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio, fosfato de amonio.

Se observaron en el análisis estadístico los siguientes parámetros: rendimiento, altura de planta, número de vainas/planta; número de granos/vaina, peso de vainas, peso de planta y cantidad de nitrógeno en la parte aérea de la planta. Así mismo, se realizó un estudio económico comparativo de los tratamientos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico, se observó que el tratamiento que obtuvo mejores resultados para los parámetros más importantes fue el No. 3 (sulfato de amonio), siendo el testigo el tratamiento contrastante.

En cuanto al análisis económico, el tratamiento que obtuvo la mayor relación (B/c) fue el No. 3 (sulfato de amonio) observándose que la cepa también obtuvo buenos resultados, siendo esta la que ocupó el segundo lugar en la relación; el tratamiento con menos valor de la relación (B/c) fue el testigo.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### A. Localización del sitio experimental.

El presente trabajo se llevó a cabo en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, situado en el Municipio de Marín, N.L. con coordenadas geográficas de 25°53' latitud norte y 100°03' latitud oeste en el meridiano Greenwich, con una altura de 367.5 metros sobre el nivel del mar.

Dicho trabajo se llevó a cabo en el ciclo de verano-otoño de 1985, bajo condiciones de riego.

#### B. Condiciones edáficas y climáticas del sitio experimental.

La temperatura media anual de la región es de 22.5°C con una media anual máxima de 29.02°C y una mínima de 15.96°C, la precipitación pluvial es de 400 a 500 mm anuales.

Según la clasificación de Koppen, modificada por García (1973), el clima es semiárido BS(h')hx'(e').

En las Figuras 4, 5 y 6 se pueden observar los datos de precipitación y temperaturas registradas durante el ciclo de vida del cultivo.

TABLA 2. Resultados del análisis de suelo realizado en el sitio experimental. Marín, N.L.

DETERMINACION	ANALISIS	CLASIFICACION AGRONOMICA
COLOR (Escala Munsell)	Seco: Café pálido Húmedo: Café oscuro	Café
REACCION (Relación Suelo-Agua 1:2)	pH 7.6	Ligeramente alcalino
TEXTURA (Método del Hidrómetro)	Arena: 35.24% Limo: 15.88% Arcilla: 48.88%	Arcilloso
MATERIA ORGANICA (Método Walkley y Black)	1.80 %	Medianamente pobre
FOSFORO APROVECHABLE (Método Olsen)	3.7 p.p.m.	Bajo
POTASIO APROVECHABLE (Método Peech y English)	114 Kg/ha	Muy pobre
SALES SOLUBLES TOTALES Puente Wheatstone	Conductividad Eléctrica a 25°C. 1.3 mmhos/cm	No salino

### C. Preparación del terreno.

Se procedió a la delimitación del terreno que fue de 38 metros de ancho por 27 m de largo, posteriormente se llevaron a cabo tres pasos de rastra y se procedió al surcado del terreno, se delimitó las unidades experimentales, para posteriormente levantar los bordos para los canales de riego.

Los materiales utilizados en la preparación del terreno fueron: nivel topográfico, cintas métricas, estacas, tractor y los implementos agrícolas necesarios para el rastreo, surcado y bordeo.

### D. Diseño experimental.

El experimento se efectuó en un diseño de bloques al azar, con 4 repeticiones y 6 tratamientos por repetición.

La parcela experimental utilizada fue de 1026 m<sup>2</sup> de superficie, para cada unidad experimental se destinó una área de 30 m<sup>2</sup>; teniéndose así 24 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistía de 6 surcos de 6 m de largo y a una distancia de 80 cm entre surcos; dejándose dos surcos sin sembrar, para ser utilizados como división entre las unidades experimentales de cada repetición.

La parcela útil estuvo considerada por los dos surcos

centrales de los 6 sembrados, eliminándose las cabeceras, así como los surcos de las orillas que se consideraron de protección.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

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

donde:

$Y_{ij}$  = La variante bajo estudio.

$\mu$  = La media verdadera general.

$T_i$  = El efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$B_j$  = El efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$E_{ij}$  = El error aleatorio asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

Tratamientos:

$T_1$  = Testigo

$T_2$  = Cepa F 14

$T_3$  = 20 Kg de nitrógeno/ha

$T_4$  = 30 Kg de nitrógeno/ha

$T_5$  = 40 Kg de nitrógeno/ha

$T_6$  = 50 Kg de nitrógeno/ha

Los tratamientos del 3 al 6 se fertilizaron con la fuente de urea, el tratamiento 1 (el testigo) no tuvo ninguna fer

tilización.

Además del análisis estadístico utilizado para los diferentes parámetros de los componentes del rendimiento, se llevó a cabo un estudio económico en base a los costos de producción para observar las diferencias en la relación beneficio-costos obtenidos en los tratamientos.

La distribución y ubicación física de los tratamientos en el campo se pueden observar en la figura 7.

#### E. Inoculación.

El método de inoculación de la semilla se llevó a cabo de la siguiente forma: se lavó la semilla con agua corriente, ya que se encontraba tratada con fungicida (mezcla Arazan-Clordano), durante 2-3 minutos hasta que se eliminará la cloración roja del fungicida. Posteriormente se preparó la solución inoculante que consistió en 1 litro de agua, a éste se le agregó 2 gr de inoculante (Cepa F-14) y una solución al 40% de goma arábica; ésta solución debe estar libre de preservativos y tener un tamaño de partículas similares al azúcar de granulación gruesa (8 mallas) para facilitar el mojado.

La semilla se coloca en la solución inoculante durante 10-15 minutos o hasta que se empiece a observar un arrugamien-

to de la piel de la semilla. Solamente se inoculó a la semilla necesaria para las cuatro repeticiones del tratamiento 2, siendo 1.5 Kg de semillas. La semilla ya inoculada se colocó en bolsas de polietileno oscuras para evitar la incidencia de los rayos solares y afectara la viabilidad de la bacteria, inmediatamente después se procedió a sembrar.

#### F. Características de la variedad Delicias 71, Selección 4.

- 1.- Hábito de crecimiento.- Semideterminado postrado (se mi guía)
- 2.- Días a la floración: 55
- 3.- Días a madurez fisiológica: 100
- 4.- Ciclo vegetativo: 95 - 100 días aproximadamente
- 5.- Color de grano: pinto, café claro con manchas café oscuro
- 6.- Color de la flor: blanca
- 7.- Resistente a: Tizón común  
Chicharrita

#### G. Siembra.

Anteriormente a la siembra se dio un riego de presiembra el día 11 de Agosto de 1985. La siembra se realizó el 13 de Agosto del mismo año, y éste mismo día se llevó a cabo la inoculación y se aplicaron las dosis de fertilizante respectivas

a cada tratamiento. La siembra se llevó a cabo en forma manual, depositándose 3 semillas por punto a cada 10 cm de distancia en el lomo del surco, teniendo así una densidad de población de 125,000 plantas/ha.

Para la siembra se utilizaron azadones planos y azadones con punta.

Se utilizó una densidad de siembra de 60 Kg/ha de semilla y para el experimento 8.2 Kg.

#### H. Labores de cultivo realizadas.

##### Riegos:

- Riego de presiembra: Agosto 11 de 1985
- Primer riego de auxilio: Septiembre 9 de 1985
- Segundo riego de auxilio: Noviembre 12 de 1985

El espaciamiento de días entre los riegos de auxilio (1º y 2º) se debió a que se presentaron lluvias regulares.

##### Deshierbes:

- Primer deshierbe: Septiembre 12 de 1985
- Segundo deshierbe: Septiembre 23 de 1985
- Tercer deshierbe: Octubre 1º de 1985
- Cuarto deshierbe: Octubre 18 de 1985
- Quinto deshierbe: Octubre 23 de 1985

Los deshierbes fueron realizados en forma manual y en algunos casos con azadón.

#### I. Otras labores de cultivo.

- El día 6 de Agosto de 1985 se realizó un muestreo de suelo para conocer el contenido de nitrógeno presente.

- El día 17 de Agosto de 1985 se procedió a remover la costra que se formó en el suelo a causa de el alto contenido de sales que tiene éste y al riego y las lluvias recientes en el sitio donde se llevó a cabo el experimento. Para tal práctica se utilizó azadones normales.

- El día 4 de Octubre de 1985 se llevó a cabo un raleo de plantas ya que existía una densidad de población muy alta y esto dificultaba el óptimo desarrollo del cultivo. El raleo fue hecho en forma manual.

- El día 28 de Noviembre del mismo año, se realizó otro muestreo de suelo para observar las cantidades de nitrógeno consumido y fijado por las plantas de cada tratamiento para obtener diferencias entre éstos.

#### J. Incidencia de plagas y enfermedades.

En general no hubo daños causados por plagas durante el

ciclo del cultivo, ya que éstas se presentaron en forma casi nula. Se presentaron grillos (Gryllotalpa hexadactyla) aunque solo causaron ligeros daños la Diabrotica y algunas larvas aunque no fue necesario hacer uso de los productos químicos para su combate.

#### Enfermedades:

Solo se presentaron algunas pudriciones en las vainas debido al exceso de humedad causado por las lluvias; y la presencia del hongo Colletotrichum sp. el cual casi no causó daños. Al igual que en el caso de las plagas, aquí tampoco fue necesario el uso de productos químicos para contrarrestar las enfermedades.

#### K. Cosecha.

La cosecha se realizó de la siguiente manera; de la parcela útil se tomaron manualmente 15 plantas al azar por tratamiento, colocándose individualmente en bolsas de papel previamente marcadas con el número de tratamiento y repetición. Las plantas que no fueron utilizadas se cosecharon en forma tradicional y colocadas en costales.

La cosecha se realizó cuando la planta se encontraba totalmente seca y se llevó a cabo el día 27 de Noviembre de 1985.

De las plantas utilizadas para el análisis estadístico se consideraron las siguientes variables (todas las variantes se midieron después de la cosecha, excepto la altura de la planta).

Variables:

- Peso de las plantas (seca).
- Número de vainas por planta.
- Peso de las vainas por planta.
- Número de granos por planta.
- Número de granos por vaina (media).
- Peso de los granos por planta.
- Altura de planta.
- Proporción de nitrógeno en la planta.

Para determinar las variables (1 al 7) anteriores, se utilizó una regla de madera de 1 m de largo y una báscula granataria. Para medir el porcentaje de nitrógeno en la planta se tomó en cuenta el criterio de Ortiz (1975) donde dice que la materia orgánica humificada en los suelos contiene un promedio de 5% de nitrógeno total y un 58% de carbono, de donde resulta el cociente  $C/N = 11.6:1$  y la relación  $C/M.O. = 1:1.724$ . De igual manera la relación  $M.O./N$  es de 11.16 por 1.724:1 o alrededor de 20:1. Esta última cifra es de considerable valor para hacer cálculos aproximados con relación a es

tos dos constituyentes.

Deberá tenerse presente, sin embargo, que el factor  $N \times 20 = M.O.$  da cifras más precisas.

Al despejar tendremos que:

$$N \times 20 = M.O.$$

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

donde:

$N$  = Nitrógeno total (gramos o porcentaje)

$M.O.$  = Materia orgánica (gramos o porcentaje)

20 = Es una constante que proviene de la relación 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% (0.66).

El análisis económico se llevó a cabo en base a la relación beneficio-costos (B/c), la cual es el cociente de la ganancia neta o beneficio sobre los costos de producción del cultivo.

#### IV. OBJETIVOS E HIPOTESIS

##### Objetivos:

Para el presente trabajo se fijaron dos objetivos que son los siguientes:

- Evaluar la efectividad de la cepa F-14 de Rhizobium phaseoli en la variedad de frijol (Phaseolus vulgaris) Delicias 71, comparándola con las cuatro diferentes dosis de fertilización nitrogenada utilizadas.

- Elaborar un estudio económico respecto al uso de la fertilización contra el uso de la inoculación por hectárea, en cuanto al rendimiento de grano de frijol.

##### Hipótesis:

Tomando en cuenta los objetivos se pueden plantear las siguientes hipótesis:

- Existe diferencia entre la Cepa F-14 de Rhizobium phaseoli y la aplicación de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado (urea) en lo que respecta al rendimiento.

- Existe diferencia en el aspecto económico en la relación beneficio-costos (B/c) entre la cepa F-14 y el uso de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado (urea).

## V. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación para los diferentes parámetros analizados, así como para el estudio económico, se enumeran a continuación.

### V.1. Análisis Estadístico.

#### a) Altura de la planta:

El análisis de varianza realizado en esta variable no reportó diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, tampoco presentándose diferencia significativa entre el efecto de bloques, obteniéndose un coeficiente de variación de 15.9767 y un porcentaje de eficiencia del diseño de 95.141%.

#### b) Peso de vainas:

Con respecto a esta variable, el análisis de varianza realizado no reportó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, no presentándose diferencia entre bloques, resultando un C.V. de 26.207 y un porcentaje del diseño experimental utilizado de 108.28%.

#### c) Peso de la planta:

Refiriéndose a esta variable analizada, el análisis de varianza realizado no reportó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, resultando no significativo el

efecto entre bloques reportando un C.V. de 24.964 y un porcentaje de eficiencia de 99.281%.

d) Número de granos por planta:

De acuerdo a esta característica estudiada, no se obtuvo diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, tampoco presentándose diferencia significativa entre el efecto de bloques, obteniendo un C.V. de 13.23% y un porcentaje de eficiencia del diseño de 111.48%.

e) Número de vainas por planta:

Haciendo referencia a esta variable estudiada, podemos enunciar que su análisis de varianza no reportó diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, resultando no significativo el efecto entre bloques, resultando un C.V. de 11.2% y un porcentaje de eficiencia del diseño de 111.47%.

f) Número de granos por vaina:

El análisis de varianza realizado para esta variable no reporta diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, no obteniéndose diferencia estadísticamente significativa entre bloques. El C.V. fue de 3.5% y un porcentaje de eficiencia del diseño utilizado de 110.87%.

g) Peso de granos:

Con respecto a esta variable analizada, se menciona que

el efecto de tratamientos no fue estadísticamente significativo, ni tampoco entre bloques, obteniéndose un C.V. de 27.1968% y un porcentaje de eficiencia del diseño experimental de 108.73%.

h) Porcentaje de nitrógeno:

El análisis de varianza que se realizó reporta que los tratamientos no presentan diferencias estadísticamente significativas, ni tampoco entre bloques, obteniendo un C.V. de 24.45% y un porcentaje de eficiencia del diseño utilizado de 93.4%.

NOTA: Los porcentajes de eficiencia están dados tomando como base el 100%, es decir, en el valor que se exceda a éste, será la eficiencia ganada por el diseño bloques completos al azar.

## V.2. Estudio Económico.

Basándonos en los resultados del estudio económico, encontramos que el tratamiento con una mayor relación beneficio-costo (B/c) fue el No. 4 (30 Kg N/ha) con un valor de 3.18 siguiendo en segundo lugar el testigo con una relación (B/c) de 3.02. También se encontró que el tratamiento que obtuvo la relación Beneficio-costos (B/c) más baja fue la cepa, con un valor de 2.13.

La relación Beneficio-costo se obtiene por la siguiente fórmula:

$$(B/c) = \frac{U.B.}{C.P.}$$

donde:

(B/c) = Relación Beneficio-costo

U.B. = Utilidad bruta o ganancia neta por hectárea

C.P. = Costos totales de producción por hectárea

Tratamiento	Costos de producción por ha (C.P./ha) (\$)	Utilidad bruta por ha (U.B./ha) (\$)
1. Testigo	75,295.00	227,718.00
2. Cepa FM-14	75,795.00	161.831.00
3. 20 Kg/ha N (urea)	80,295.00	189,131.00
4. 30 Kg/ha N	81,295.00	258,693.00
5. 40 Kg/ha N	82,295.00	236.118.00
6. 50 Kg/ha N	83,295.00	242.156.00

TABLA 3. Resultados de la relación Beneficio-costo (B/c) para los diferentes tratamientos en orden.

---

Tratamiento	Relación (B/c)
4 (30 Kg/ha N)	3.18
1 (Testigo)	3.02
6 (50 Kg/ha N)	2.90
5 (40 Kg/ha N)	2.87
3 (20 Kg/ha N)	2.35
2 (Cepa FM-14)	2.13

---

## 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. Lo anterior pudo ser debido a factores del experimento como el manejo de éste, la eficiencia del diseño, el factor cepa, entre otros.

Sin embargo, a pesar de lo anterior, en el estudio económico realizado se encontró que el tratamiento No. 4 (30 Kg/ha N) obtuvo una mayor relación beneficio-costos (B/c), ocupando el segundo lugar el testigo.

También se encontró que el tratamiento No. 2 (Cepa FM-14) fue la que obtuvo los más bajos valores en el rendimiento, así como también en el análisis económico, esto se puede explicar a que la relación bacteria-leguminosa no se expresó en su óptimo, debido tanto a condiciones climáticas como edáficas.

Así mismo, la cepa pudo presentar susceptibilidad a factores como: la presencia de cepas nativas que provocan competencia con la cepa utilizada, las condiciones en las que se obtuvo la cepa eran diferentes a las que se presentan en Marín, N.L.

Aunque no se llevó a cabo un estudio sobre otros nutrien

tes presentes en el suelo del sitio experimental, se sabe que tanto el molibdeno, cobalto, fierro, potasio, cobre, así como el fósforo, influyen para una buena nodulación y por consiguiente en la fijación de nitrógeno, siendo en éstos suelos elementos no limitantes.

Respecto a las condiciones edáficas del sitio experimental, se encontró un pH de 7.6, el cual se encontró que estaba dentro de los límites permitidos para un buen desarrollo de la bacteria, por lo que no fueron factores limitantes.

En lo que se refiere a la textura, éste puede ser un factor limitante para un buen desarrollo de la bacteria ya que afecta la aereación del suelo y por consiguiente una buena oxigenación de éste. Lo anterior se menciona ya que se tuvo un suelo de textura arcillosa, así como también un bajo porcentaje de materia orgánica.

Debido a que el objetivo de toda fertilización biológica es igualar o superar a los otros tratamientos (aplicaciones químicas) y nuestro análisis estadístico nos dice que no existen diferencias significativas; obtendremos así un beneficio ya que la diferencia entre los tratamientos con química y la biológica es que éstos últimos fija nitrógeno.

## 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, probar la efectividad de la cepa FM-14 comparandola con diferentes dosis de fertilización nitrogenada (urea), encontramos que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, por tal, podemos concluir que todos los tratamientos son iguales.

2.- De acuerdo al objetivo No. 2, llevar a cabo un estudio económico respecto a la aplicación y fijación (en Kg) de nitrógeno por hectárea en cuanto al rendimiento en grano del frijol, el tratamiento con mayor relación beneficio-costo (B/c) fue el tratamiento No. 4 (30 Kg/ha de nitrógeno). Debido a que esto se encuentra en base al análisis estadístico del rendimiento el cual no es significativo.

## VIII. RECOMENDACIONES

1.- Desarrollar cepas en localidades con condiciones similares a donde seran utilizadas.

2.- Realizar análisis de suelo para determinar la existencia de micronutrientes necesarios para el desarrollo de la bacteria.

3.- Realizar experimentos donde se prueben diferentes fuentes y además otros elementos, utilizando un diseño factorial.

4.- Probar las cepas en localidades diferentes.

5.- Realizar una prueba de viabilidad en las cepas que se vayan a utilizar si es que no están dentro del período crítico determinado.

6.- Probar el mismo experimento en el siguiente ciclo para observar los efectos residuales de los tratamientos.

## 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., el cual fue llevado a cabo bajo condiciones de riego en el ciclo tardío de 1985.

El objetivo principal de este trabajo fue el de probar a la cepa de Rhizobium phaseoli FM-14 comparándola con cuatro diferentes dosis de fertilización nitrogenada y el testigo en frijol (Phaseolus vulgaris, L.) tomando como base los principales componentes del rendimiento para evaluar dicha cepa.

El diseño estadístico que se utilizó fue Bloques completos al Azar con 4 repeticiones y 6 tratamientos por repetición.

Los objetivos de la investigación fueron:

1) Probar la efectividad de la cepa FM-14 comparándola con diferentes dosis de fertilización nitrogenada, tomando como base los componentes del rendimiento para efectuar dicha comparación.

2) Llevar a cabo un estudio económico respecto a la aplicación y fijación (en Kg) de nitrógeno por hectárea en cuanto al rendimiento en grano del frijol.

En el análisis estadístico fueron consideradas las siguientes variables: peso de la planta, número de vainas/planta, peso de vainas, número de granos/vaina, número de granos planta, peso de granos, altura de planta y cantidad de nitrógeno presente en la parte aérea de la planta.

No se presentó significancia en ninguno de los análisis estadísticos.

El estudio económico se llevó a cabo mediante la relación beneficio-costos, en base a los costos de producción y la utilidad bruta.

Los resultados del estudio económico reportaron como el mejor tratamiento (económicamente hablando) al No. 4 (30 Kg/ha de nitrógeno) y por el contrario, el más bajo valor fue obtenido por el tratamiento No. 2 (Cepa FM-14).

## X. BIBLIOGRAFIA

Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo.

AGT Editor, S.A.

Anónimo. 1981. Frijol y chícharo. S.E.P. Editorial Trillas.

México, D.F.

Anónimo. 1982. Cultivos básicos. S.E.P. Editorial Trillas. Mé

xico, D.F.

Anónimo. 1985. El nitrógeno del suelo. Agricultura de las Amé

ricas. Vol. 34:(2).

Black, C.A. 1975. Relaciones suelo-planta. Ed. Hemisferio Sur.

Argentina. Vol. II.

Brock, T.D. 1978. Biología de los microorganismos. 2da. edi-

ción. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España.

Burdon, K.L. y R.D. Williams. 1976. Microbiología. Publicacio

nes Cultural, S.A. México, D.F.

Burges, A. Ph.D. 1960. Introducción a la microbiología del

suelo. Ed. Acribia. Zaragoza, España.

Cásseres, E. 1966. Producción de hortalizas. Lima, Perú. Edi-

torial IICA.

Conzatti, C. 1902. Los géneros vegetales mexicanos. S.P.I.

449 p. ilustr. (Biblioteca Agronomía, U.A.N.L.).

Chávez S., Adolfo, et al. 1977. Agrociencia. Efecto de la fertilización con N, P, Mo, Co y Fe y del manejo de dos cepas de inoculante (Rhizobium phaseoli), sobre la nodulación, acumulación de N y rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris, L.). Vol. No. 27. Chapingo, México.

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

Engleman, E.M. 1979. Contribuciones al conocimiento del frijol (Phaseolus) en México. C.P. Chapingo, México.

Gómez, A.A. 1963. Efecto del pH, materia orgánica y temperatura del suelo sobre la nodulación en frijol (Phaseolus vulgaris, L.), causado por Rhizobium phaseoli. Tesis. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Guerra G., Juan A. y J.M. García. 1985. Prueba comparativa de cuatro fertilizantes químicos nitrogenados y una cepa es

pecífica de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris, L.) en Marín, N.L.

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

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

Lépiz, I.R. y F.J. Navarro. 1983. Frijol en el noroeste de México (Tecnología de producción). I.N.I.A., S.A.R.H.

López A., E. y Ferrara C., R. 1982. Evaluación de cepas de Rhizobium phaseoli por su efecto sobre la evaluación del grano y economía del nitrógeno en el cultivo del frijol Phaseolus vulgaris, L. Chapingo, México.

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.

Ortiz, V.B. 1975. Edafología. 2da. edición. E.N.A. Chapingo, México.

Pelczar, M.J. and R.D. Reid. 1966. Microbiology. Ed. Mc Graw-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.
- Reyes, C.P. 1978. Diseño de experimentos agrícolas. Ed. Trillas. México.
- Robles S., R. 1982. Producción de granos y forrajes. 3ra. edición. Editorial Limusa. México.
- Russell, J. y E. Walter Russell. 1968. Condiciones del suelo y crecimiento de las plantas. Aguilar, S.A. de Ediciones. Madrid, España.
- Salle, A.J. 1965. Bacteriología. Ed. Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España.
- Sánchez M., A. 1964. Microbiología Agrícola. Serie de Apuntes No. 3. Chapingo, México.
- Sarli, A.E. s/a. Horticultura. Edit. Acme, S.A. Buenos Aires.
- S.A.R.H. 1980. Agenda Técnica del Estado de Nuevo León.
- Schlegel, H.G. 1979. Microbiología General. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España.

Senez, J.C. 1976. Microbiología General. Ed. Alhambra. Madrid, España.

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

Whyte, R.O. et al. 1968. Las leguminosas en la agricultura. Yugoslavia, F.A.O.

XI. APENDICE

TABLA 4. Datos del coeficiente de variación para cada una de las variables estudiadas.

V A R I A B L E	C.M.E.	Media General	C.V.
Altura de la planta	66.864	51.181	15.976
Peso de vainas	32.389	21.716	26.207
Peso de la planta	65.054	32.308	24.964
No. de granos por planta	1.326	75.927	13.23
No. de vainas por planta	0.210	15.913	11.2
No. de granos por vaina	0.007	4.724	3.5
Peso de granos	20.641	16.705	27.1968
Porcentaje de nitrógeno	0.066	1.051	24.45

TABLA 5. Concentración de datos para la variable altura de la planta. Prueba comparativa de una cepa (*Rhizobium phaseoli*) con 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) en Marín, N.L.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N				$\bar{X}$ (cm)
	I	II	III	IV	
1 Testigo	49.26	47.46	59.73	41.80	49.56
2 Cepa FM-14	54.86	54.66	41.00	56.80	51.83
3 20 Kg/ha de N	43.20	35.86	53.86	-	44.31
4 30 Kg/ha de N	46.20	60.46	61.13	-	55.93
5 40 Kg/ha de N	42.80	57.60	68.66	49.33	54.60
6 50 Kg/ha de N	48.26	59.00	47.60	46.46	50.33

TABLA 6. Análisis de varianza para la variable altura de la planta.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	F. Teórica
Repetición	3	239.749	79.916	1.195 N.S.	3.41 5.74
Tratamientos	5	285.980	57.196	0.855 N.S.	3.02 4.86
Error	15	869.227	66.864		
Total	21	1380.155	65.722		

N.S. = No significativo

C.V. = 15.976%

TABLA 7. Concentración de datos para la variable peso de vainas. Prueba comparativa de una cepa (*Rhizobium phaseoli*) en 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) en Marín, N.L.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N				$\bar{X}$ (gr)
	I	II	III	IV	
1 Testigo	23.88	21.44	23.37	20.32	22.25
2 Cepa FM-14	16.86	14.69	15.92	17.83	16.33
3 20 Kg/ha de N	16.35	16.49	26.06	17.08	19.00
4 30 Kg/ha de N	15.30	26.41	30.90	29.96	25.64
5 40 Kg/ha de N	22.50	21.41	21.58	28.36	23.46
6 50 Kg/ha de N	24.75	34.74	12.65	22.34	23.62

TABLA 8. Análisis estadístico para peso de vainas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	F. Teórica
Repetición	3	28.122	9.374	0.298 N.S.	3.29 5.42
Tratamientos	5	235.39	47.078	1.454 N.S.	2.90 4.56
Error	15	485.829	32.389		
Total	23	749.341	32.580		

N.S. = No significativo

C.V. = 26.207%

TABLA 9. Concentración de datos para la variable peso de la planta. Prueba comparativa de una cepa (Rhizobium phaseoli) con 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol (Phaseolus vulgaris, L.) en Marín, N.L.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N				$\bar{X}$ (gr)
	I	II	III	IV	
1 Testigo	34.24	29.62	32.62	29.25	31.43
2 Cepa FM-14	24.23	24.28	23.77	25.32	24.40
3 20 Kg/ha de N	24.58	25.32	43.52	28.94	30.59
4 30 Kg/ha de N	20.79	44.58	43.09	48.27	39.18
5 40 Kg/ha de N	31.60	29.63	31.27	44.26	34.19
6 50 Kg/ha de N	31.93	46.10	21.97	36.20	34.05

TABLA 10. Análisis de varianza para peso de la planta.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	F. Teórica
Repetición	3	179.56	59.853	0.920 N.S.	3.29 5.42
Tratamientos	5	480.359	96.072	1.477 N.S.	2.90 4.56
Error	15	975.815	65.054		
Total	23	1635.734	71.119		

N.S. = No significativo

C.V. = 24.964%

TABLA 11. Concentración de datos para la variable número de granos por planta. Prueba comparativa de una cepa (Rhizobium phaseoli) con 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol (Phaseolus vulgaris, L.) en Marín, N.L.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
1 Testigo	93.20	78.46	81.57	63.73	79.24
2 Cepa FM-14	59.28	48.06	52.78	60.06	55.045
3 20 Kg/ha de N	56.46	57.93	90.00	56.53	65.23
4 30 Kg/ha de N	51.86	87.50	103.13	105.42	86.98
5 40 Kg/ha de N	81.66	73.85	83.13	97.73	84.09
6 50 Kg/ha de N	89.78	122.06	47.26	80.80	84.97

TABLA 12. Análisis de varianza para el número de granos por planta.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	F. Teórica
Repetición	3	0.364	0.121	0.092 N.S.	3.29 5.42
Tratamientos	5	10.964	2.193	1.654 N.S.	2.90 4.56
Error	15	19.890	1.326		
Total	23	31.219	1.357		

N.S. = No significativo

C.V. = 13.23%

TABLA 13. Concentración de datos para la variable número de vainas por planta. Prueba comparativa de una cepa (Rhizobium phaseoli) con 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol (Phaseolus vulgaris, L.) en Marín, N.L.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
1 Testigo	18.66	16.00	16.07	12.80	15.88
2 Cepa FM-14	13.14	11.00	11.57	13.00	12.17
3 20 Kg/ha de N	13.13	12.40	17.00	13.53	14.01
4 30 Kg/ha de N	11.73	18.57	24.20	18.92	18.35
5 40 Kg/ha de N	16.66	16.14	18.13	20.53	17.86
6 50 Kg/ha de N	17.35	24.73	10.33	16.33	17.18

TABLA 14. Análisis de varianza para el número de vainas por planta.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	F. Teórica
Repetición	3	0.070	0.023	0.112 N.S.	3.29 5.42
Tratamientos	5	1.679	0.336	1.601 N.S.	2.90 4.56
Error	15	3.145	0.210		
Total	23	4.893	0.213		

N.S. = No significativo

C.V. = 11.2%

TABLA 15. Concentración de datos para la variable número de granos por vaina. Prueba comparativa de una cepa (Rhizobium phaseoli) con 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol (Phaseolus vulgaris, L.) en Marín, N.L.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
1 Testigo	5.00	4.81	5.03	4.97	4.95
2 Cepa FM-14	4.39	4.33	4.65	4.60	4.49
3 20 Kg/ha de N	4.21	4.62	5.24	4.16	4.55
4 30 Kg/ha de N	4.30	4.69	4.19	5.61	4.69
5 40 Kg/ha de N	4.91	4.59	4.65	4.70	4.71
6 50 Kg/ha de N	5.06	5.27	4.55	4.85	4.93

TABLA 16. Análisis de varianza para el número de granos por vaina.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	F. Teórica
Repetición	3	0.004	0.001	0.182 N.S.	3.29 5.42
Tratamientos	5	0.031	0.006	0.934 N.S.	2.9 4.56
Error	15	0.101	0.007		
Total	23	0.136	0.006		

N.S. = No significativo

C.V. = 3.5%

TABLA 17. Concentración de datos para la variable peso de granos. Prueba comparativa de una cepa (Rhizobium phaseoli) con 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol (Phaseolus vulgaris, L.) en Marín, N.L.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N				$\bar{X}$ (gr)
	I	II	III	IV	
1 Testigo	18.68	17.12	18.65	14.95	17.35
2 Cepa FM-14	12.89	10.86	11.60	13.96	12.33
3 20 Kg/ha de N	12.50	12.94	19.20	12.99	14.41
4 30 Kg/ha de N	11.74	20.22	23.58	23.29	19.17
5 40 Kg/ha de N	17.70	16.55	16.45	21.27	17.99
6 50 Kg/ha de N	19.41	27.74	9.25	17.38	18.45

TABLA 18. Análisis de varianza para peso de granos.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	F. Teórica
Repetición	3	15.960	5.32	0.258 N.S.	3.29 5.42
Tratamientos	5	154.229	30.846	1.494 N.S.	2.90 4.56
Error	15	309.618	20.641		
Total	23	479.807	20.861		

N.S. = No significativo

C.V. = 27.1968%

TABLA 19. Concentración de datos para la variable porcentaje de nitrógeno. Prueba comparativa de una cepa (*Rhizobium phaseoli*) con 4 diferentes dosis de fertilización nitrogenada en frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) en Marín, N.L.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N				$\bar{X}$ (%)
	I	II	III	IV	
1 Testigo	1.12	0.97	0.95	0.96	1.0000
2 Cepa FM-14	0.79	0.80	0.78	0.83	0.8000
3 20 Kg/ha de N	0.81	0.83	1.43	0.95	1.0050
4 30 Kg/ha de N	0.68	1.47	1.42	1.48	1.2625
5 40 Kg/ha de N	1.04	0.97	1.03	1.46	1.1250
6 50 Kg/ha de N	1.05	1.52	0.72	1.19	1.1200

TABLA 20. Análisis de varianza para el porcentaje de nitrógeno.

	F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	F. Teórica
Media	1	26.56				0.05
Repetición	3	0.176	0.058	0.878	N.S.	3.29
Tratamientos	5	0.495	0.099	1.5	N.S.	2.9
ERROR	15	0.989	0.066			4.56
Total	24	28.22				

N.S. = No significativo

C.V. = 24.45%

TABLA 21. Costos fijos de producción (\$/ha) para frijol autorizado por S.A.R.H. (Ciclo tardío 1985).

---

A. Preparación del suelo	\$ 15,400.00
B. Siembra	14,250.00
C. Labores de cultivo	2,200.00
D. Control de plagas	4,330.00
E. Cosecha	13,000.00
F. Diversos	26,115.00
Total	\$ 75,295.00

---

Fuente: S.A.R.H.

TABLA 22. Costos variables de producción (Fertilizante e inoculante).

---

Urea (\$/ha)	46,000.00
Cepa	500.00

---

Fuente: Fertimex.

FORMULA PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE EFICIENCIA DEL DISEÑO  
BLOQUES COMPLETOS AL AZAR

$$\% \text{ de Eficiencia} = \frac{(n_1 + 1) (n_2 + 3)}{(n_2 + 1) (n_1 + 3)} \left( \frac{CME_1}{CME_2} \right) \times 100$$

donde:

$n_1$  = Grados de libertad del error del diseño bloques completos al azar.

$n_2$  = Grados de libertad del error del diseño completamente al azar.

$CME_1$  = Cuadrado medio del diseño bloques completos al azar.

$CME_2$  = Cuadrado medio del diseño completamente al azar.

$$CME_2 = \frac{\text{S.C. Bloques} + (\text{G.L. Tratam.} + \text{G.L. Error}) CME_1}{\text{G.L. Bloques} + \text{G.L. Tratam.} + \text{G.L. Error}}$$

donde:

S.C. Bloques = Suma de cuadrados de bloques.

G.L. Tratam. = Grados de libertad de tratamientos para el diseño bloques completos al azar.

G.L. Error = Grados de libertad del error para el diseño bloques completos al azar.

G.L. Bloques = Grados de libertad de bloques.

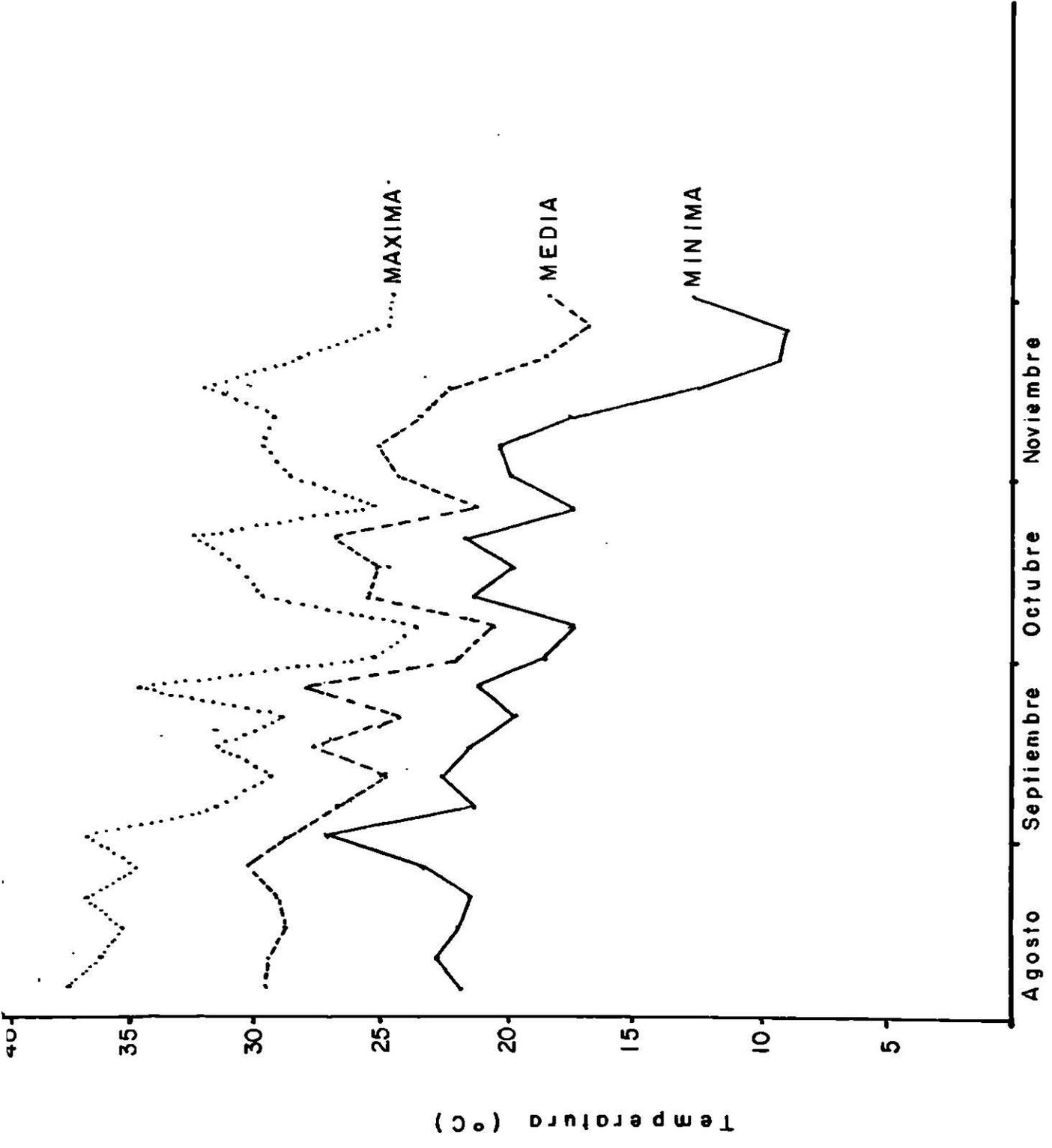


FIGURA 4. Registro de temperaturas mínima, media y máxima en °C, de agosto a noviembre de 1985. Marín, N.L.

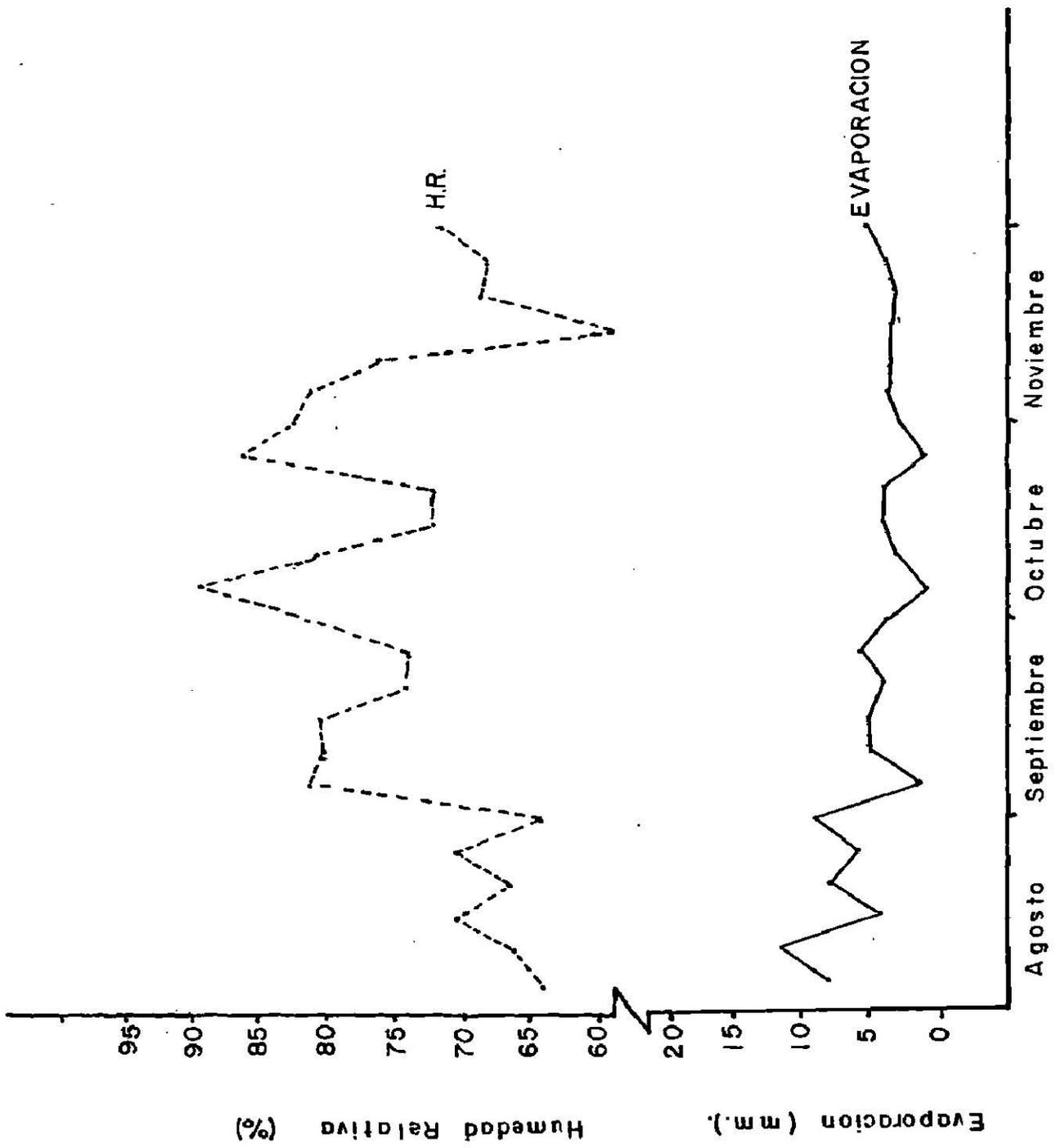


FIGURA 5. Registro de humedad relativa y evaporación en Marín, N.L. de agosto-noviembre de 1985.

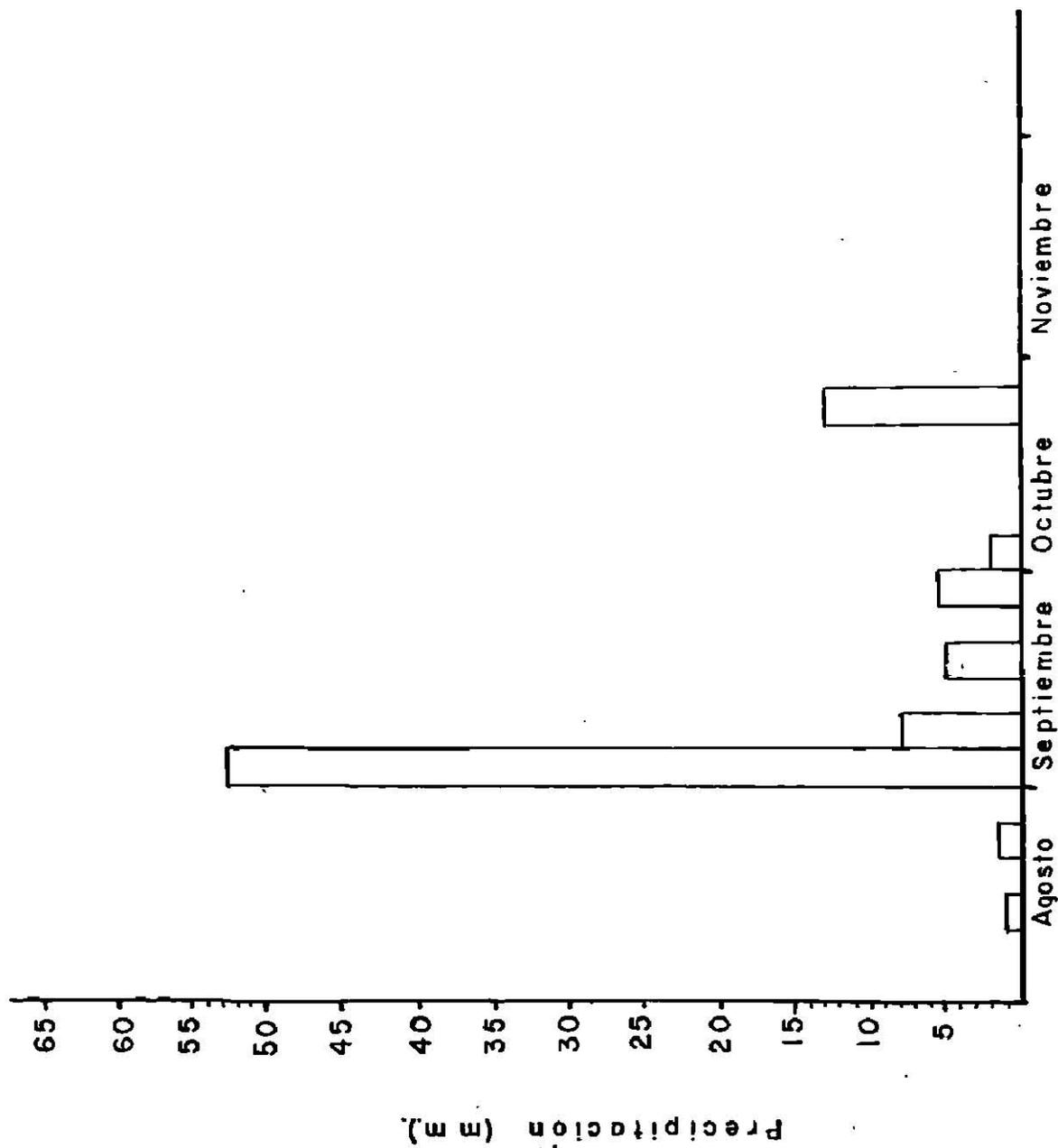
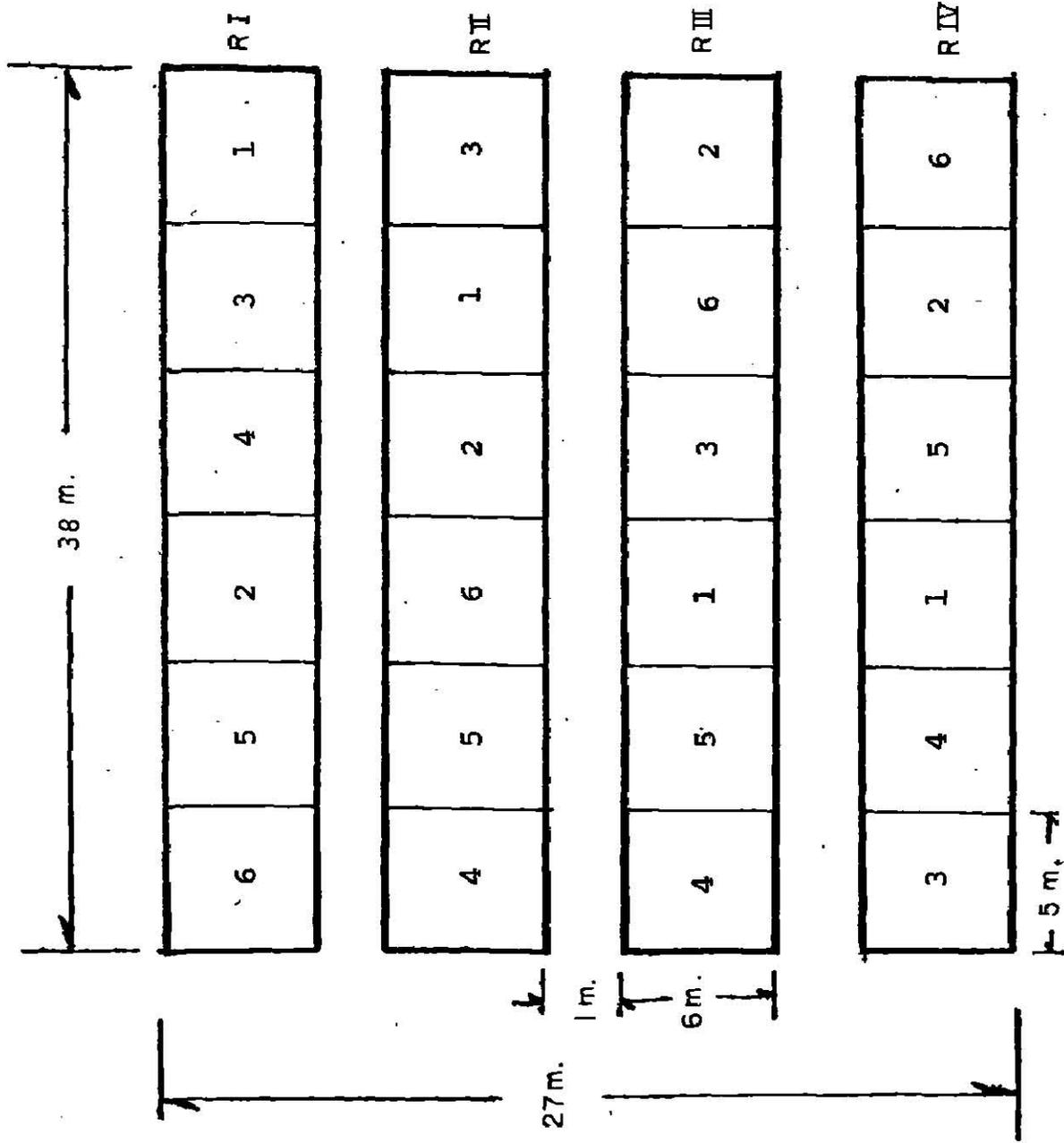
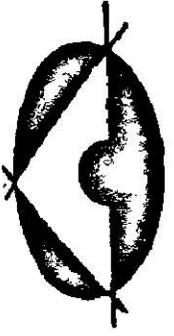


FIGURA 6. Registro de precipitación en Marín, N.L. de agosto-noviembre de 1985.



005803

FIGURA 7. Distribución física de los tratamientos.

