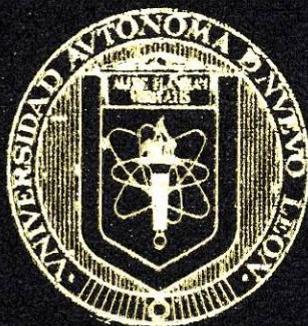


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



PRUEBA COMPARATIVA DE I FERTILIZANTE  
QUIMICO NITROGENADO Y I CEPA ESPECIFICA DE  
Rhizobium phaseoli EN FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.)  
EN MARIN, N. L.

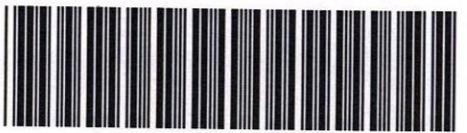
TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTAN

ESTEBAN SANCHEZ RODRIGUEZ  
EPIFANIO DE SANTIAGO PONCE

MARIN, N. L.

JUNIO DE 1987

T  
SB327  
S3  
C.1



1080062955

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



PRUEBA COMPARATIVA DE I FERTILIZANTE  
QUIMICO NITROGENADO Y I 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

ESTEBAN SANCHEZ RODRIGUEZ  
EPIFANIO DE SANTIAGO PONCE

MARIN, N. L.

JUNIO DE 1987

Editorial Cultural  
Universidad de Nuevo León

T  
SB 327  
S3

040.635  
FA 11  
1987



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad  
F. tes 13

## DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Sr. Esteban Sánchez Banda

Sra. Manuela Rodríguez de Sánchez.

Quienes con gran cariño y esfuerzo supieron  
llevarme hasta el final de mi carrera.

A MIS HERMANOS:

Cruz

Beatriz

Por el cariño y consejos que me han brindado  
siempre.

A MI TÍO:

Sr. Francisco Sánchez Banda

Por su apoyo, confianza y consejos que permitieron  
una parte de mi formación.

A DIOS:

A MIS PADRES:

Sr. Raymundo De Santiago Resendiz

Sra. Rita Ponce de De Santiago

Quienes con su amor e inquebrantable fé en mí  
hicieron posible la culminación de mi carrera.

A MIS HERMANOS:

Domitilo

Juan

Hermenegildo

Guillermo

Por el cariño y confianza que me han brindado  
siempre.

A MI NOVIA:

Srita. Elvia Reyes Morales

Con todo mi amor.

A NUESTROS FAMILIARES:

Sra. María Concepción Frias de De Santiago

Sra. Raquel Flores de Vargas

Sr. Juan Ponce O.

Por el cariño y consejos que me han brindado  
siempre.

A NUESTRO ASESOR:

ING. RONALD JORGE LECEA JUAREZ

Por la orientación y consejos prestados para la  
culminación de este trabajo.

A NUESTROS MAESTROS:

ING. JAIME ALDAPE BOTELLO

ING. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL

Por el asesoramiento y facilidades  
prestadas para la realización de  
este trabajo.

A los maestros, amigos y compañeros que de  
alguna forma compartieron con nosotros nues  
tra vida de estudiantes.

1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1. Importancia del cultivo del frijol.....	2
2.1.1. Importancia regional .....	2
2.1.2. Importancia local.....	3
2.2. Orígen.....	3
2.3. Distribución.....	4
2.4. Clasificación.....	4
2.4.1. Taxonomía.....	4
2.4.2. Cariosistemática.....	5
2.4.3. Morfología.....	5
2.5. Factores limitantes en la producción del frijol...	6
2.6. Exigencias ecológicas generales para el frijol....	7
2.6.1. Temperatura.....	7
2.6.2. Fotoperíodo.....	7
2.6.3. Clima.....	8
2.6.4. Humedad.....	8
2.6.5. Suelos.....	8
2.6.6. pH del suelo.....	9
2.7. La fijación biológica del nitrógeno atmosférico...	9
2.7.1. Antecedentes de la bacteria.....	9
2.7.2. Ciclo del nitrógeno.....	11
2.7.3. Descripción general de <u>Rhizobium</u> spp.....	14
2.7.4. Morfología.....	15
2.7.5. Ciclo de vida.....	15
2.7.6. Clasificación.....	16

	Pág.
2.7.7. Taxonomía.....	16
2.8. Relación planta-bacteria.....	17
2.8.1. Etapas de la formulación del nódulo.....	17
2.8.2. Bioquímica de la fijación del nitrógeno en los nódulos.....	18
2.9. Factores del medio ambiente que modifican la fija- ción del nitrógeno.....	19
2.9.1. Factores físicos.....	19
2.9.2. Factores nutricionales.....	21
2.9.3. Factores biológicos.....	22
2.10. Fertilización.....	23
2.10.1. Características de la Urea.....	23
2.10.2. Metabolismo de la Urea.....	23
2.10.3. Particularidades de la Urea.....	24
2.10.4. Efecto de la fertilización nitrogenada so- bre la nodulación y fijación de nitrógeno. ....	25
3. MATERIALES Y METODOS.....	28
3.1. Localización del sitio experimental.....	28
3.2. Condiciones edáficas y climatológicas.....	28
3.3. Características botánicas de la variedad Pinto Americano.....	29
3.4. Descripción del diseño experimental.....	29
3.5. Preparación del terreno.....	30
3.6. Inoculación.....	31
3.7. Siembra.....	32
3.8. Labores culturales.....	32

	Pág.
3.9. Otras prácticas realizadas.....	33
3.10. Plagas y enfermedades.....	33
3.11. Cosecha.....	34
4. OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	36
5. RESULTADOS.....	38
5.1. Análisis estadístico.....	38
5.1.1. Rendimiento en grano.....	38
5.1.2. Peso de planta.....	38
5.1.3. Nº de vainas/planta.....	39
5.1.4. Peso de vainas con grano.....	39
5.1.5. Número de granos/vaina.....	39
5.1.6. Número de granos/planta.....	40
5.1.7. Altura de planta.....	40
5.2. Análisis del nitrógeno.....	40
5.2.1. Nitrógeno total.....	40
5.3. Estudio económico (Relación B/C).....	41
6. DISCUSION.....	43
7. CONCLUSIONES.....	45
8. RECOMENDACIONES.....	47
9. RESUMEN.....	48
10. BIBLIOGRAFIA.....	50
11. APENDICE.....	53

INDICE DE TABLAS, FIGURAS, CUADROS Y GRAFICAS

TABLA	Contenido	Pág.
1	Grupos de inoculación cruzada y asociaciones de <u>Rhizobium-Leguminosa</u> .....	56
2	Determinación de las propiedades promedio físicas y químicas del suelo (0-30-CM) del sitio experimental.....	60
3	Resultados de la relación beneficio-costo (B/C) para los diferentes tratamientos.....	70
4	Costos fijos de producción (precio/ha) para frijol autorizado por la S.A.R.H., 1986 .....	70
5	(Fertilizante e inoculante), 18 de abril de 1986.....	71

FIGURA

1	Características principales del ciclo del nitrógeno.....	55
2	Estadios en la formación de un nódulo radical..	57
3	Croquis experimental y aleatorización de tratamientos .....	61

CUADRO	Contenido	Pág.
1	Concentración de datos para rendimiento en grano (kg/ha). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.....	62
2	Análisis de varianza para rendimiento en grano (kg/ha). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.....	62
3	Concentración de datos para peso de plantas (gr/30 plantas). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.....	63
4	Análisis de varianza para peso de planta (gr/30 plantas). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.....	63
5	Concentración de datos para el número de vainas. Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.....	63

CUADRO	Contenido	Pág.
	<u><i>zobium phaseoli</i></u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo Tar dío 1985.....	64
6	Análisis de varianza para el número de vainas. Prueba comparativa de 1 fertilizante químico ni trogenado y 1 cepa específica de <u><i>Rhizobium phase</i></u> <u><i>oli</i></u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo Tardío 1985....	64
7	Concentración de datos para peso de vainas con grano (gr.). Prueba comparativa de 1 fertilizan te químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u><i>Rhizobium phaseoli</i></u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.....	65
8	Análisis de varianza para peso de vainas con <u>gra</u> no (gr.). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u><i>Rhizo</i></u> <u><i>bium phaseoli</i></u> en frijol, Marín, N.L. Ciclo Tardío. 1985.....	65
9	Concentración de datos para número de grano por vaina. Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u><i>Rhi</i></u> <u><i>zobium phaseoli</i></u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.....	66
10	Análisis de varianza para número de grano por	

CUADRO	Contenido	Pág.
	vaina. Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.....	66
11	Concentración de datos para número de granos por planta. Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.....	67
12	Análisis de varianza para número de granos por planta. Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.....	67
13	Concentración de datos para altura de planta(cm). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985....	68
14	Análisis de varianza para altura de planta (cm). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985....	68

CUADRO	Contenido	Pág.
15	Concentración de datos para la determinación de nitrógeno total (gr. N/planta). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.....	69
16	Análisis de varianza para la determinación de nitrógeno total. Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de <u>Rhizobium phaseoli</u> en frijol. Marín, N.L. Ciclo Tar-dío 1985.....	69
<b>GRAFICA</b>		
1	Relación entre el pH y la solubilidad relativa del Fierro.....	54
2	Registro de temperaturas mínima, media y máxima en °C del 15 de agosto al 30 de octubre de 1985... .	58
3	Registro de precipitación, H.R. y evaporación en Marín, N.L.....	59

## 1. INTRODUCCION

El frijol, uno de los cultivos básicos en la agricultura de México, constituye la base de la alimentación del pueblo, y dada la cantidad de hectáreas dedicadas a su siembra y al volumen de su consumo, ocupa el segundo lugar en importancia nacional. Es además una de las principales fuentes de proteína del sector con más bajos recursos.

A pesar de ser el segundo cultivo más importante en superficie cultivada, no produce los rendimientos que pudieran satisfacer la demanda nacional ya que el rendimiento promedio no sobrepasa los 1000 kg/ha. Se explican estos bajos rendimientos a que la mayoría de las zonas cultivadas son de temporal, la falta de aplicación de fertilizantes, inadecuada preparación del terreno, control adecuado y oportuno de plagas y enfermedades, no llevar a cabo un control de malezas que compiten con la planta por nutrientes y agua, y a no utilizar las variedades apropiadas que se adapten a las condiciones ecológicas de cada región. Por otra parte, hay que tomar en cuenta los diversos factores que intervienen en el desarrollo de la planta, así como los diferentes métodos de cultivo, ya que son muy variables de un lugar a otro. (10).

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Importancia del cultivo del frijol

El papel del frijol en la alimentación del pueblo mexicano es muy importante, ya que constituye para éste uno de sus alimentos básicos por la tradición de su cultivo y por su riqueza en proteínas e hidratos de carbono. De esta planta se emplean las semillas y los frutos cuando aún no han madurado (ejotes).

Sus raíces, asociadas a bacterias simbióticas (Rhizobium phaseoli), enriquecen los terrenos con sustancias nitrogenadas, por lo cual se acostumbra sembrar frijol junto con el maíz, cuyas cañas ofrecen sostén a los tallos volubles del primero o bien se practican "cultivos rotatorios" debido a la capacidad fertilizante de esta leguminosa. (13)

2.1.1. Importancia regional.- El estado de Nuevo León cuenta con una superficie total de 6,455,500 hectáreas de las cuales 322,680 hectáreas son cultivables y según la S.A.R.H. y D.G.E. A. en el año de 1983, mencionan que se cosechó una superficie total de 229,730 hectáreas, de estas 137,899 fueron de riego y 91,831 bajo condiciones de temporal.

Estas superficies se siembran principalmente con cultivos como: maíz de grano, trigo, sorgo de grano, naranja y en quinto lugar el frijol con una superficie de 9,456 hectáreas en el estado, de las cuales 7,313 fueron para condiciones de tempo-

ral y 2,294 para riego, con un rendimiento promedio global de 0.454 toneladas por hectárea. (17)

2.1.2. Importancia local.- En el distrito de riego 004 "Don Martín" Coahuila y Nuevo León se siembra una superficie anual aproximadamente de 26,951 hectáreas dependiendo del volumen de agua almacenada.

En la presa "Venustiano Carranza" se cuenta con un número aproximada de 1,903 usuarios.

Entre los principales cultivos anuales que se siembran son: trigo, sorgo, maíz, frijol y cultivos forrajeros. (19)

De la superficie antes mencionada, solamente se dedican alrededor de 1,500 a 2,000 hectáreas bajo condiciones de riego de esta leguminosa con un rendimiento medio alcanzado de 0.8 toneladas por hectárea en la región de Anáhuac. (18)

## 2.2. Origen

Las formas silvestres de P. vulgaris se localizan en las partes occidental y sur de México, en Guatemala y en Honduras, a lo largo de una franja de transición ecológica localizada entre los 500 y 1800 msnm, (Miranda, 1967b; Gentry, 1969). También se han encontrado en la parte oriental de la cordillera andina en América del Sur, entre los 1500 y 2800 msnm. (Brucher, 1868). (7)

Según Vavilov el centro geográfico de origen del frijol

(Phaseolus vulgaris) es el centro sur mexicano y centro americano, el cual comprende la parte sur de México, Guatemala, Honduras y Costa Rica.(20)

### 2.3. Distribución

Areas de las especies Phaseolus vulgaris, se cultiva en todas las regiones en que hay frijoles en el mundo y tiene la distribución mas extensa en la parte norte de América tropical.

El cultivo de Phaseolus en total y sin tomar en cuenta la distribución varietal se halla en las 3 áreas climáticas verticales, torrida y fría .

Crece desde el nivel del mar (en Veracruz, Tabasco y Campeche), hasta 2,500 metros (en Zaragoza, Tlaxcala y Toluca) y aún a 3,000 metros (en la Hacienda "Santa Cruz" estado de México según Guardiola). (4)

### 2.4. Clasificación

2.4.1. Taxonomía.- El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) se clasifica de la siguiente manera según Miranda (1967) y Mateo (1961):(9)

Reino	Vegetal
Sobreino	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.

Las principales especies que se cultivan en México son:

<u>Phaseolus vulgaris</u> L.	Frijol común
<u>P. coccineus</u> L.	" ayocote
<u>P. lunatus</u> L.	" lima
<u>P. acutifolius</u> Gray	" Tepary

La especie más importante desde el punto de vista agrícola es P. vulgaris L. (14)

2.4.2. Cariosistemática.- Las cuatro especies de frijol que se cultivan en México: P. vulgaris, P. coccineus, P. lunatus y P. acutifolius, tienen un número somático de cromosomas de  $2n=22$  según Karpechenko.

2.4.3. Morfología.- El frijol, llamado también judía, alubia, habichuela, poroto, etc., es una planta herbácea y anual, cuyas numerosas variedades prosperan en todos los climas de preferencia en los templados; se da muy distinta altura: desde el nivel del mar hasta 3,000 metros, presenta una raíz típica o

pivotante ramificada en su origen, en la que, después se notan nudosidades bacterianas que fijan el nitrógeno atmosférico. El tallo puede ser corto y robusto o, más frecuentemente ras-trero y voluble, con pelos cortos y rígidos que favorecen adhe-sión a su soporte. Las hojas exceptuando las dos primeras, son compuestas, alternas, pecioladas, de color verde claro, con tres folíolos cordiformes (trifoliadas), y provistas de estípulas y estipulillas persistentes.

Las flores tienen forma amariposada, presentan un color variable en las distintas especies (rojo, blanco, purpureo, etc.), y están agrupadas en racimos que salen de las axilas fo-liares.

El cáliz es pequeño con cinco sépalos; la corola dialipé-tala, con el estandarte más corto o del mismo largo que las alas, y la quilla con el extremo agudo y torcido en espiral. Los estambres son diez, de los cuales nueve están unidos por sus filamentos y uno permanece libre; el ovario es unicarpelar unilocular y con muchos óvulos. El fruto es una vaina o legum-bre (ejote) colgante, recta o arqueada, comprimida, gibosa y mucronada, que se abre en dos valvas. Las semillas son de for-ma variable, generalmente reniforme, más o menos comprimidas y otras veces redondeadas o esféricas. (13)

## 2.5. Factores limitantes de la producción del frijol

Bajo riego la presencia de lluvias en la cosecha crea pro-blemas de manchado y decoloramiento del grano, principalmente en las siembras tempranas.

Cuando los suelos de la región de interés son de origen calcáreo con pH alcalino esto afecta la disponibilidad de micronutrientes, limitando la producción de este cultivo.

Otro factor es la escasez del recurso agua, los malos temporales hacen que la captación en las presas sea muy baja.

El uso de variedades inadecuadas, susceptibles a enfermedades con bajo potencial de rendimiento, así como la incidencia de malezas y el deficiente manejo del agua son factores que limitan la producción de este cultivo.

Otros factores que limitan la producción son la presencia de malezas durante el desarrollo del cultivo, escaso uso de insumos como fertilizantes e insecticidas y bajas densidades de población. (16)

## 2.6. Exigencias ecológicas generales para el cultivo

### 2.6.1. Temperatura.- Las temperaturas mínimas para su desarrollo son las siguientes:

Para germinar de 8°C, para florecer 15°C y para madurar 18°C, por abajo de dichas se presentan dificultades para el desarrollo de la planta.

### 2.6.2. Fotoperíodo.- Phaseolus vulgaris L. se clasifica dentro de las plantas que requieren una corta duración del período de luz, aunque el efecto del fotoperíodo sobre la floración no es importante ya que la mayoría de las variedades que existen actualmente son indiferentes a éste, algunos genotipos si se

cultivan en lugares de día largo se ven afectados en forma in directa en el rendimiento ya que se provoca un abundante desa rrollo vegetativo, disminuyendo el reproductivo.

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 (foto respiración), el equilibrio de los anteriores procesos implica la existencia adecuada de fotosintatos para el buen desarrollo de la planta (Edmon, 1976; Mateo,

2.6.3. Climas.- Se adapta a diferentes tipos de climas, pero en general se cultiva en todas las zonas agrícolas de nuestro país si su ciclo no coincide con las heladas, pues es sumamente susceptible a las bajas temperaturas de la zona (Flores,

), en la región de Nuevo León solo se cultiva el ciclo tardío ya que el temprano no se puede por las altas temperaturas.

2.6.4. Humedad.- Se puede producir bajo condiciones de temporal si existe una buena precipitación durante su ciclo vegetativo, tal como unos 600 milímetros ó más, en los lugares donde no alcanza deberá recurrirse al riego (Bailey, 1961).

2.6.5. Suelos.- El frijol prospera bien en suelos fértilles y bien drenados, como son los arenoso-arcilloso, "de vega" y "de montaña". En los "barriales", que son suelos arcillosos que retienen humedad por bastante tiempo, el frijol no prospera de

bido a que las raíces se pudren por encharcamiento y exceso de humedad, por consiguiente las plantas se secan (Crispin y Miranda, 1968).

2.6.6. pH del suelo.- Las plantas de frijol prosperan mejor en suelos con un pH de 5.5 a 6. con valores de pH superiores, la disponibilidad de fierro y otros nutrientes se hace menor. Por lo que se presentan problemas con las plantas que se desarrollan en suelos alcalinos, tal es el caso de Nuevo León el cual se ve en la Gráfica #1 en la que se ve la solubilidad del fierro en relación al pH. (12)

## 2.7. La fijación biológica del Nitrógeno atmosférico

2.7.1. Antecedentes de la bacteria.- Davy fué el primero que se refirió a él indirectamente cuando aseguró a principios del siglo XIX que las leguminosas preparan el suelo para las gramíneas.

Después Boussingault en 1938, haciendo experimentos en suelos no abonados, demostró que había ganancias de  $N_2$  con los cultivos de leguminosas y no con las gramíneas; sostuvo además que el  $N_2$  del aire es el que ejerce la acción fertilizante y, por último, relacionó la utilización del  $N_2$  con los microorganismos pues observó que en el suelo calentado no aparecía esa utilización del  $N_2$ .

Roy en 1851, demostró que el  $N_2$  era aprovechado por las raíces de las leguminosas y no por las hojas.

Siete años más tarde, Lachman demostró la existencia de bacterias en los nódulos radiculares de las leguminosas y las consideró con la fijación del N<sub>2</sub>.

Woronin comprobó que los nódulos contenían las bacterias y los consideró como alteraciones patológicas. Más tarde, en 1884-86, Hellriegel y Willfarth demostraron por fin, definitivamente, que los nódulos se debían a la actividad de las bacterias y que eran benéficos puesto que en ellos se realizaba la fijación del N<sub>2</sub>. Demostraron también que en ausencia de nódulos no había fijación de N<sub>2</sub> ni tampoco en el suelo esterilizado experimentalmente y, además, que se recuperaba la facultad de fijar N<sub>2</sub> cuando se agregaba suelo fresco.

Por último, fue Beijerinck quien en 1888 obtuvo en cultivo puro el primer germen relacionado con la fijación de N<sub>2</sub> que fué el organismo llamado por él Bacillus radicicola demostrando, además, la capacidad de este germen para producir los nódulos por la inoculación artificial con cultivos puros.

El primer organismo no simbiótico fijador de N<sub>2</sub>, o sea Clostridium pastorianum fue aislado por Winogradsky en 1893.

Luego Beijerinck aisló a Azotobacter chroococcum, también fijador libre de N<sub>2</sub> pero distinguiéndose de aquel por ser aerobio. Además Beijerinck aisló asimismo otro organismo aerobio fijador de N<sub>2</sub>, Azotobacter agilis, en el mismo año, es decir en 1901. (15)

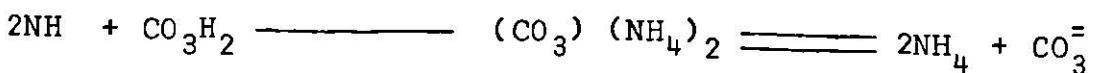
Ya en 1938, Jean Baptiste Boussingault había demostrado experimentalmente que si se cultivaban en tiestos trigo, tré-

bol y guisantes, a la cantidad ganada por la planta en contenido de nitrógeno sólo en el caso del trigo correspondía una pérdida igual de nitrógeno del suelo, mientras que en el caso del trébol y los guisantes, la pérdida de nitrógeno del suelo era desproporcionadamente menor y por ello se obtenía, al parecer un aumento global en el total de nitrógeno de estas leguminosas.

Hellriegel y Wilfarth demostraron que esas ganancias de nitrógeno en los guisantes sólo se producían en presencia de ciertos microorganismos del suelo y que la formación de los nódulos radicales de las leguminosas estaba estrechamente relacionada con estos. En América, Marshall Ward demostró en 1887 que los nódulos de las raíces sólo se formaban en presencia de las bacterias del suelo. En 1888, Beijerinck, en Holanda, completó la cadena de pruebas al aislar de los nódulos y del suelo las bacterias fijadoras del nitrógeno, a las que se dió el nombre de Rhizobium. (21)

2.7.2. Ciclo del nitrógeno.- El nitrógeno en el suelo sigue el ciclo por tres caminos muy importantes, los cuales son: amonificación, nitrificación, y siguiéndole en cierta forma un proceso de pérdida del nitrógeno el cual se denomina desnitrificación.

#### Amonificación:

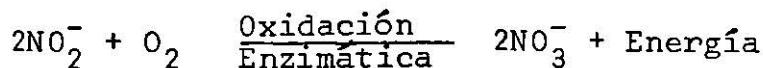
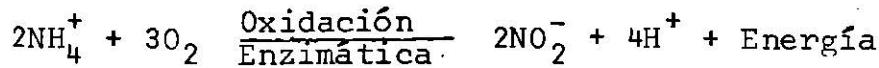


Los compuestos nitrogenados de los cuerpos de plantas y animales y los desechos nitrogenados, excretados por los animales sirven como fuente de alimento para diferentes tipos de hongos y bacterias que causan la descomposición de la materia. Como resultado de esta descomposición se produce amoniaco  $\text{NH}_3$ . Parte de este amoniaco se escapa al aire, pero su mayor parte reacciona inmediatamente con el agua para formar hidróxido de amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ). Los iones amonio pueden ser absorbidos directamente por muchas plantas y ser utilizados como fuentes de nitrógeno.

Factores que favorecen la amonificación:

- a) Microorganismos involucrados
- b) Acidez, aireación y humedad del suelo
- c) Cantidad de carbohidratos disponibles
- d) Composición química del material nitrogenado. Buckman y Brady (1977).

Nitrificación:



El producto de la amonificación es el amoniaco, que pasa al suelo en forma de iones amonio, este puede ser atacado por bacterias nitrificadoras y transformado a nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) otra forma aprovechable por la planta. Este paso es llevado a cabo en 2 fases:

- a) Los compuestos de amonio se transforman en nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ).
- b) La oxidación posterior de los nitritos se debe principalmente a Nitrobacter, la cual oxida los nitritos a nitratos.

Las condiciones que favorecen la nitrificación son:

- a) pH alcalino
- b) Buena aireación
- c) Inexistencia de grandes cantidades de carbohidratos en el suelo. Buckman y Brady (1977).

Formas de pérdidas del nitrógeno:

Ciertos microorganismos pueden reducir los nitratos hasta llegar a nitrógeno molecular. Estos organismos son conocidos como bacterias desnitrificantes. Siendo Bacterium denitrificans una de las especies mejor conocidas. La desnitrificación se favorece por una pobre aireación del suelo, las bacterias desnitrificantes son anaerobias facultativas; extraen oxígeno de los nitratos o nitritos. Más que usar oxígeno atmosférico, éste oxígeno es utilizado para oxidar el hidrógeno de los alimentos orgánicos formando agua como uno de los productos finales.

Otras pérdidas pueden ser debido a: erosión, lixiviación, volatilización.

En condiciones naturales, el nitrógeno forma un doble ciclo aire-suelo, pero se mantiene estable. Así ocurren amplias variaciones estacionales, pues en invierno o en sequía la vegetación será pobre y los árboles estarán desnudos siendo alto

el contenido de nitrógeno en el suelo. Cuando la vegetación es abundante, casi todo el nitrógeno estará como nitrógeno proteíco en las células.

El hombre altera el ciclo natural al establecer poblaciones muy densas de plantas que extraen enormes cantidades de nitrógeno y al cosechar las plantas, frutos con lo cual retira casi todo el nitrógeno absorbido y evita que regrese al suelo. Rojas (1972). (2)

Observar el ciclo del nitrógeno en la Figura #1.

2.7.3. Descripción general de Rhizobium.- Los miembros del género Rhizobium, al infectar la leguminosa apropiada pueden causar la formación de nódulos y participar en la adquisición simbiótica de  $N_2$ . Las bacterias son gram-negativas, no forman esporas, son bacilos aerobios de 0.5 a 0.9 um de ancho y de 1.2 a 3.0 um de largo. (3)

Las bacterias son pequeñas células en forma de bastoncitos que al principio se mueven por medio de flagelos periféricos, pero que más tarde pierden la motilidad, se hipertrofian y se convierten en células asociadas e irregulares denominadas "bacteroides", que son frecuentes sobre todo en los nódulos y mas raras en los cultivos puros.

Con respecto a los factores físicos, la mayoría de los Rhizobios se desarrollan en forma óptima entre los 29° y 31°C, pero se conocen estirpes de Rh. meliloti que tienen un óptimo de unos 35° C. Todos los Rhizobios muestran la misma toleran-

cia a la alcalinidad con un límite aproximado de pH 9.6; la acidez los afecta de manera variable, siendo el Rh. meliloti el menos tolerante con un límite aproximado de pH 5.0, y el Rh. lupini y el Rh. japonicum los más tolerantes con límites de pH 3.2 a 4.2. (21)

La familia Rhizobiaceae está formada de tres diferentes géneros: Rhizobium, Agrobacterium y Chromobacterium (Berkeley, 1957). El nombre de esta familia está formado de dos raíces griegas "Rhiza"=raíz y "Bios"=vida. (11)

2.7.4. Morfología.- Los bacilos de Rhizobium tienen de 2 a 5 flagelos períticos sobre la superficie y uno de ellos subpolar en la mayoría de los casos. Los flagelos períticos se desprenden fácilmente lo que no sucede con flagelo subpolar (De Ley y Rassel, 1965).

A Rhizobium se le considera dentro de los bacilos no esporógenos y además con reacción negativa a la prueba de Graham. Sin embargo, Bisset (1952) pretendió haber encontrado en nódulos de algunas leguminosas silvestres y de jardín formas gram-positivas semejantes al género bacillus, que producen "Swarmers" coccoides (formas muy pequeñas móviles de las bacterias) y endosporas resistentes. (11).

2.7.5. 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 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.

Harris (1957), define como ciclo de vida más simple en este género la secuencia de cocoides, bacilos y bacteroides, estos últimos no tienen la capacidad de crecimiento ni reproducción. Almon (1933), al respecto menciona en su trabajo que probablemente los bacteroides sí se reproducen lo hacen muy rara vez. (11)

2.7.6. Clasificación.- A causa del limitado número de hospederos, se han establecido grupos llamados de inoculación cruzada.

Un grupo de inoculación cruzada se refiere a un conjunto de especies de leguminosas que desarrollan nódulos cuando se exponen a bacterias obtenidas de los nódulos de cualquier miembro de ese grupo particular de plantas.

Consecuentemente, un solo grupo de inoculación cruzada incluye idealmente todas las especies de hospederos que son infectadas por una sola cepa bacteriana. (Tabla #1). (3)

2.7.7. Taxonomía.-

Clase: Schizomycetaceae

Orden: Eubacteriales

Familia: Rhizobiaceae

Género: Rhizobium

Especie: phaseolus

## 2.8. Relación planta-bacteria

2.8.1. Etapas de la formación del nódulo.- Las raíces de las leguminosas segregan diversos materiales orgánicos que estimulan el crecimiento de una microflora de la rizosfera.

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

Después queda infectada una célula de la raíz adyacente al pelo radical. Si esta célula es una célula diploide normal, habitualmente es destruida por la infección, si es una célula tetraploide puede ser el predecesor de un nódulo. En la raíz siempre hay un pequeño número de células tetraploidies de origen espontáneo, y si una de estas células queda infectada es estimulada a dividirse. Las divisiones progresivas de tales células infectadas conducen a la aparición de un nódulo de aspecto tumoral. En cultivo los rizobios producen sustancias llamadas citocininas, que hacen que las células tetraploidies se

dividan, y es posible que la producción de citocininas tengan también lugar en las células infectadas.

Las bacterias se multiplican rápidamente dentro de las células tetraploides y quedan rodeadas individualmente o en pequeños grupos por porciones de la membrana de la célula huésped. Las bacterias se transforman entonces en unas formas hinchadas, deformes y a veces ramificadas llamadas Bacteroides, con el tiempo el nódulo se deteriora liberando bacterias al suelo. (Figura #2). (5)

#### 2.8.2. Bioquímica de la fijación de nitrógeno en los nódulos.

El nódulo maduro fijador de nitrógeno es rojo; este color resulta de la producción de una proteína parecida a la hemoglobina llamada leghemoglobina. La fijación de nitrógeno ocurre solamente en nódulos que contienen a la vez bacteroides y leghemoglobina. Ni la planta ni Rhizobium sintetizan leghemoglobina por sí solos, pero la formación es inducida de algún modo por la interacción simbiótica de estos dos organismos.

La leghemoglobina probablemente juega un papel indirecto en la fijación de nitrógeno, quizás porque mantiene un potencial redox reducido en el entorno del nódulo. La fijación de nitrógeno implica la actividad del enzima nitrogenasa en los nódulos tiene características similares a las de las bacterias de vida libre fijadora de  $N_2$ , incluyendo sensibilidad al  $O_2$  y capacidad de reducir el acetileno, así como el  $N_2$ . La nitrogenasa se encuentra dentro de los mismos bacteroides y presumi

blemente es sintetizada por ellos, si bien no ha sido comprobado el lugar de la síntesis.

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.

Como en los demás sistemas para la fijación de  $N_2$  por los bacteroides se requiere ATP. El primer producto de esta fijación de  $N_2$  es  $NH_3$ ; éste es convertido en aminoácido, y estos a su vez, son transferidos del bacteroide a las células radicales de la planta y luego a toda la planta. (5)

### 2.9. Los factores del medio ambiente que modifican la fijación del nitrógeno

#### 2.9.1. Factores físicos.-

Aire: Existen algunas indicaciones de que el requerimiento de oxígeno no es el mismo para todos los tipos de Rhizobia (Fedorov y Lasko, 1956; Virtaven y Laine, 1945). Estos dos últimos investigadores afirman que no se forma en los nódulos la leghemoglobina, cuando hay carencia de oxígeno.

Humedad del suelo: Se sabe que Rhizobium es extremadamente sensible a la sequía, solamente unas cuantas células pueden sobrevivir cuando la mezcla del suelo contiene aire seco. En el otro extremo, un exceso de agua puede limitar la aireación y, por lo tanto, la supervivencia de las bacterias. La mezcla

más favorable depende del tipo de suelo.

Luz: Si una planta en proceso de nodulación es puesta en la oscuridad, la formación de nódulos cesa y los formados degeneran; la hemoglobina se destruye y da origen a pigmentos verdes.

Diener (1950) hace notar que cuando la intensidad de la luz normal se reduce en un 50%, hay una disminución en el número de nódulos de los guisantes, además, el tamaño de los nódulos se reduce notablemente.

Temperatura: De acuerdo con Gukova (1945) una disminución de 5° C en la temperatura óptima del suelo, ocasiona una reducción de 4.5% en la cantidad de nitrógeno fijado; en cambio cuando se aumenta en 4° C, la fijación se reduce en un 50%. Temperaturas abajo de 6.5° C no afectan el poder infec-tante. La temperatura óptima para desarrollo y función de los Rhizobia, está entre 20 y 24° C.

Reacción del suelo: Los suelos ácidos generalmente causan deficiencias de elementos básicos como calcio, magnesio, potasio y frecuentemente fósforo y nitrógeno.

Pueden originar liberación de elementos tóxicos, como aluminio y manganeso y, además, aumentar la concentración de iones hidrógeno.

Una de las razones del pobre crecimiento de ciertas leguminosas en suelos ácidos, puede deberse a la reducida captación de molibdeno.

Fedorov y Egorova (1957) observaron que había una disminución en la virulencia y efectividad en la fijación de nitrógeno de Rhizobium en simbiosis con trébol, cuando el pH era menor de 5.3

#### 2.9.2. Factores nutricionales.-

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

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

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

Potasio: Robert y Olson (1942) encontraron que no había estimulación en la fijación de nitrógeno por el fósforo, si no existía en el suelo adecuada cantidad de potasio y Poschenrieder y Lesch (1943) que el número de nódulos aumenta por acción del potasio.

En cambio, Diener (1950) asegura que el potasio no afecta la formación de nódulos en guisantes.

Magnesio: Se carece de una información amplia con relación a este elemento, pero se ha afirmado que estimula la producción de nódulos. La materia seca de la leguminosa generalmente es mucho más rica en magnesio que la de los cereales.

Manganeso: Cuando se encuentra en altas concentraciones de manganeso soluble (suelos ácidos) éste elemento se vuelve tóxico para las leguminosas.

Boro: Cuando existe una deficiencia de boro, el tejido vascular de los nódulos se desarrollo en forma anormal afectan do el aspecto bacteroide. Otro de los efectos que causa esta deficiencia es la acumulación anormal de carbohidratos en las plantas.

Cobre: La planta necesita pequeñas cantidades de cobre pa ra su buen desarrollo, y cuando este elemento es deficiente, el metabolismo de los carbohidratos se altera.

Erkoma ha demostrado que cuando hay deficiencia de cobre se forma una menor cantidad de hemoglobina, otro de los efectos es una pobre síntesis de proteína.

Molibdeno: Este elemento posee doble función, en pequeñísimas cantidades es requerido para la reducción de nitratos a amoníaco y relativamente en grandes, para la fijación de ni trógeno por leguminosas.

#### 2.9.3. Factores biológicos.-

Microorganismos: Varios microorganismos patógenos tales como hongos, bacterias y virus, pueden causar una considerable reducción en la fijación de nitrógeno.

También la competencia entre Rhizobia nativa y entre efec tivos e inefectivos.

Además, los Rhizobia puede ser eliminado por bacteriofagos muchos organismos pueden ejercer una acción antagonica para Rhizobium, lo cual trae como consecuencia una disminución en la fijación de nitrógeno (Allen, 1950).

Plantas superiores: La nodulación puede ser afectada por secreciones de la raíz de leguminosas o de otras especies de vegetales (Nutman, 1953).

Insectos: Entre los insectos que pueden causar un efecto negativo en la fijación de nitrógeno; Sitonema lineatus ocupa un lugar especial, pues sus larvas destruyen los nódulos de varias leguminosas (Mulder, 1948). (15)

## 2.10. Fertilización

2.10.1. Características de la Urea.- Es un cuerpo perteneciente al grupo de las amidas, que posee un 46% de nitrógeno amoniacal, o mas exactamente ureico. La urea francesa se prepara en forma de perlitas o perdigones de uno a dos milímetros, de donde se deriva el nombre de perlurea o urea perlada con que se conoce a este abono.

2.10.2. Metabolismo de la Urea.- La urea, o carbodiamida, de fórmula  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , se considera abono amoniacal por los radicales amidicos,  $\text{NH}_2$ , que contiene.

Es soluble en agua, y por tanto, en la solución del suelo, pero no se ioniza en las disoluciones, permaneciendo en estado

de moléculas enteras, en cuya forma no la absorben las raíces, ni es retenida por la arcilla. En consecuencia; penetra en profundidad con la lluvia, riego o rocío.

Ahora bien, la urea en el suelo se transforma en carbonato amónico mediante una hidrólisis, o absorción de agua, siempre que exista en el terreno temperatura superior a 17° C, según la reacción:

$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CO}_3(\text{NH}_4)_2$ , donde el carbonato amónico producido es soluble en la solución del suelo, en la cual se ioniza de esta manera:  $\text{CO}_3(\text{NH}_4)_2 = \text{CO}_3^{--} + 2(\text{NH}_4)^+$ .

El radical amonio,  $(\text{NH}_4)^+$ , realiza en el suelo su metabolismo ya descrito, de ser retenido en el exterior de la arcilla; donde el amonio exterior es asimilable para las plantas, y transformado en nitrato cálcico por los microbios del suelo, cuando concurren humedad adecuada y temperatura superior a 25° C, mediante una oxidación:  $2(\text{NH}_4)^+ + 5\text{O}_2 + \text{Ca} = (\text{NO}_3)_2\text{Ca} + 4\text{H}_2\text{O}$ .

En cambio, el amonio que pasa al interior de la arcilla queda allí retrogradado, o forma no asimilable para las raíces.  
(8).

2.10.3. Particularidades de la urea.- La urea presenta algunas particularidades entre ellas las siguientes: a) hasta que no se hidroliza no es retenida por el poder absorbente, y desciende en el suelo como los nitratos. Apenas hidrolizada se comporta como un abono amonícal y es retenida por el suelo. Sin embargo, la hidrólisis es rápida por lo cual las pérdidas por

lixiviación no deben despertar demasiadas preocupaciones; b) la utilización de la urea requiere ureasas; una buena actividad microbiana, y un satisfactorio contenido en humus favorecerá la hidrólisis; c) en los suelos ácidos o calcáreos y con temperaturas elevadas, se pueden observar algunas pérdidas de nitrógeno por volatización de amoníaco.

La urea es muy adecuada para suelos ácidos, mejor que el sulfato amónico, porque no deja iones ácidos y además, antes de la hidrólisis sube momentáneamente el pH por la formación de amoníaco.

La urea es muy soluble en agua y su solución es bien tolerada por la parte aerea de muchas especies, esto hace que pueda ser empleada para riegos foliares, sola o en combinación o asociación con riegos y tratamientos antiparasitarios o herbicidas. La urea parece ser absorbida también directamente, esto explicaría la eficacia y rapidez de acción que muestra cuando se emplea para fertilización en cobertura.(6)

2.10.4. Efecto de la fertilización nitrógenada sobre la nodulación y fijación de nitrógeno.- Vincent, 1965; Weber, 1966; Harper y Cooper, 1971; Streeter, 1973; en sus trabajos de investigación, realizados bajo diferentes condiciones y con diferentes cultivos concluyen que las adiciones de nitrógeno al suelo, en forma general perjudican la nodulación y la fijación simbiótica de nitrógeno.

Pate y Dart, 1961 señalan que existe mayor probabilidad

de beneficiar las leguminosas con fertilizantes nitrogenados, aplicados en estadios específicos de crecimiento como son: al momento de la siembra, antes de que la fijación se haya iniciado y durante el llenado de grano, cuando hay un aumento en la demanda de nitrógeno para la síntesis de proteína en la semilla o cuando se observan síntomas de deficiencia aguda y manifestaciones de senescencia en los nódulos.

Sorger, 1968 menciona que desde hace mucho tiempo es conocido que el ion amonio libre reprime la síntesis de nitrogenasa en los microorganismos capaces de fijar nitrógeno molecular.

Munns, 1977 revisando algunos aspectos sobre la nutrición mineral y la simbiosis en las leguminosas, menciona que la fertilización nitrogenada, disminuye el número, tamaño y peso de los nódulos radiculares, así como la cantidad de nitrógeno atmosférico fijado.

Brill, 1977 haciendo una revisión sobre aspectos generales de la fijación biológica de nitrógeno, en base a los conocimientos actuales, afirma que debido al gran requerimiento de energía del proceso, un organismo no fijará nitrógeno a menos que le sea indispensable para crecer, ya que si hay nitrógeno disponible en el medio, la producción de amoniaco por la bacteria, será suprimida. Así mismo señala que el fertilizante nitrogenado aplicado a cultivos de leguminosas, reduce el número de nódulos de la raíz y la cantidad de nitrógeno fijado por Rhizobium.

Hanway, 1952 afirma que cuando el cultivo de soya recibe una fertilización nitrogenada hay un gran aumento en la producción de grano. Encontró además, que el uso de 33.6 kgN/ha de nitrógeno aumentó mas la producción que el empleo de inoculante.

Oghoghorie, 1971 trabajando con chícharos observó que las raíces de las plantas noduladas, al ser llevadas de un medio sin nitrógeno a una solución nutritiva que contenía 315 ppm de  $\text{N}-\text{NO}_3^-$ , se originó dentro de las 48 horas siguientes, una drástica interrupción de la actividad nitrogenásica analizada por reducción de acetileno.

Vieira, 1964 realizó un trabajo en el cual estima que se requiere una cantidad cercana a 40 kg N/ha para América Latina y señala que mayores aplicaciones a esta cantidad son la causa de los problemas de la fijación simbiótica de nitrógeno. Además menciona que el frijol como un fijador de nitrógeno, puede contribuir positivamente a un adecuado balance de nitrógeno en los suelos.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. 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; dicho campo está situado en el km. 17 de la carretera Zuazua-Marín, con coordenadas geográficas de 25° 53' latitud norte y 100°03' longitud oeste en el Meridiano de Greenwich, con una altura de 367.5 msnm.

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

#### 3.2. Condiciones edáficas y climatológicas

La temperatura media anual de la región es de 22.5° C, con una media anual máxima de 29.02°C y mínima de 15.96°C. La precipitación pluvial es de 400 a 500 mm anuales. Estos promedios son datos obtenidos durante los seis años que cuenta de instalada la Estación Meteorológica de la Facultad.

El clima predominante en la región es semiárido; BS(h') hx' (e') de acuerdo a la clasificación de Koppen, modificada por García (1973).

Los datos específicos de precipitación y temperatura durante el ciclo de vida del cultivo se muestran en la Gráfica # 2 y 3.

Las propiedades promedio físicas y químicas del suelo se muestran en la Tabla #2.

### 3.3. Características botánicas de la variedad Pinto Americano

- Hábito de crecimiento: según clasificación del C.I.A.T. es tipo II que corresponde a guía corta erecta.
- Color del tallo: verde
- Color de flor: blanco
- Color de grano: café claro o crema y manchas de color café oscuro.
- Peso de 100 semillas: 30 gr. aproximadamente
- Días a floración: 40 días
- Días a madurez fisiológica: 90 a 95 días
- Rendimiento: 500 kg/ha.

### 3.4. Descripción del diseño experimental

El diseño experimental es un bloque completo al azar, con seis tratamientos en tres repeticiones, con lo cual se generaron 18 unidades experimentales.

La parcela experimental utilizada fue de 993.6 m<sup>2</sup> de superficie; para cada unidad experimental se destinó un área de 28.8 m<sup>2</sup>. Cada unidad experimental consistía de 8 surcos de 6 m de largo y a una distancia de 80 cm entre surcos; dejándose 2 de los surcos sin sembrar, para ser utilizado como división entre los tratamientos en cada repetición; dejándose 3 m de separación entre bloque para las regaderas.

La parcela útil estuvo considerada por los 2 surcos centrales de los 6 sembrados, eliminándose las cabeceras, así como los surcos de las orillas que se consideran de protección.

De esta parcela útil solamente se tomaron muestras de 10 plantas.

El modelo estadístico utilizado fué el siguiente:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = La variable bajo estudio

$\mu$  = La media verdadera general

$t_i$  = El efecto verdadero del i-ésimo tratamiento

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

$E_{ij}$  = El error aleatorio asociado a la ij-ésima  
U.E. = Unidad Experimental

Tratamientos:

$T_1$  = Testigo

$T_2$  = Cepa Nº 3 lote Nº 6

$T_3$  = Urea (20-00-00)

$T_4$  = Urea (30-00-00)

$T_5$  = Urea (40-00-00)

$T_6$  = Urea (50-00-00)

Datos de la Cepa:

Fecha de producción 15/agosto/1983

Fecha de envío 25/agosto/1983

Fecha de uso 13/agosto/1985

Observar croquis experimental y aleatorización de tratamientos en la Figura #3.

### 3.5. Preparación del terreno

El suelo ya se encontraba roturado, y se procedió a deli-

mitar el área donde se va a llevar a cabo el experimento, posteriormente se rastreo dejando una buena pulverización de los terrones. No hubo necesidad de nivelar ya que es un terreno donde se trabaja constantemente y esta bien nivelado. Se procedió a surcar el terreno y al levantamiento de los bordes para los canales de riego.

Los surcos se hicieron a una distancia entre ellos de 80 cm y los canales de riego con una distancia 3 m de ancho.

El material utilizado en delimitar el área fueron: cinta métrica, estacas, cal, salero, hilo.

El material utilizado para la preparación del terreno fueron: tractor, implementos agrícolas para la roturación, rastreo, surcado y bordeo.

### 3.6. Inoculación

La semilla que se utilizó estaba tratada con un fungicida (Arazan), por lo tanto se lavó la semilla con agua corriente, hasta que se eliminara la coloración roja del fungicida. Posteriormente se preparó la solución inoculante que consistió en 2 litros de agua, a esto se le agregó 1 gr de inoculante y una solución al 40% de goma arábiga para adherir con mejor facilidad el inoculante.

Solamente se inoculó a la semilla necesaria para los tratamientos de las 3 repeticiones (3 tratamientos), siendo 1.5 kg de semilla. La semilla inoculada se colocó en bolsas de papel grueso para evitar la incidencia de los rayos solares ya

que afecta la viabilidad de la bacteria, inmediatamente se procedió a la siembra.

El material utilizado por este método de inoculación fué proporcionado en el Laboratorio de Suelos de esta Facultad y también donde se llevo a cabo el trabajo de inoculación.

### 3.7. Siembra

La siembra se realizó el 13 de agosto de 1985, en seco, depositando 3 semillas cada 10 cm a una profundidad de 5 cm en la costilla del surco. El día de la siembra se llevó a cabo la inoculación de semilla y se sembró con su respectivo tratamiento inoculado y sus repeticiones. Al día siguiente de la siembra se realizó la fertilización con urea 46% N, con sus respectivos tratamientos y repeticiones.

La siembra y fertilización se realizó en forma manual utilizando azadón.

### 3.8. Labores culturales

#### Riegos

Riego	Fecha
1º	15 de agosto de 1985
2º	13 de septiembre de 1985

La reducción en el número de riegos fué debido a la poca agua que se encuentra en la presa a causa de las escasas precipitaciones que se han presentado en los años anteriores.

El material utilizado para el riego fué el siguiente: pasas, azadones y pico.

Se llevó a cabo un descostramiento el 21 y 22 de agosto de 1985, debido a las fallas en la germinación, esto se hizo en forma manual y al mismo tiempo se realizó el aporque del cultivo en forma manual y con azadón.

Debido a la poca incidencia de malezas se deshierbó en forma manual y con azadón los días 20, 21 y 22 de septiembre de 1985.

### 3.9. Otras prácticas realizadas

Se muestreo el suelo a una profundidad 0-30 cm tomando una muestra en cada repetición, de la parte del fondo del surco; esto se realizó antes de la siembra.

También se muestreo después de la cosecha, en todos los tratamientos, tomando una muestra en cada tratamiento, se mezclaron las muestras de los tratamientos iguales; obteniendo 6 muestras cada una de su respectivo tratamiento.

El material utilizado para el muestreo fué: barrena, bolsas, etiquetas, etc.

### 3.10. Plagas y enfermedades

La principal plaga que se presentó durante el ciclo de vida del cultivo fué el gusano trozador causando daños graves en el rendimiento. Los síntomas en la planta se observaron clara

mente, ya que en la base del tallo y a uno o dos centímetros de altura y profundidad a partir de la base, estaba consumido la mayor parte del diámetro del tallo. Por lo tanto las plantas se encontraban al ras del suelo. Debido al severo ataque de esta plaga no se pudo aplicar a tiempo ningún producto químico.

Otra plaga que se nos presentó fue el picudo del ejote (Apion godmani) causando daños ligeros en el rendimiento, por lo cual no se aplicó ningún producto químico.

En cuestión de enfermedades no se presentó ninguna.

### 3.11. Cosecha

La cosecha se realizó el 30 de octubre de 1985, 78 días después de la siembra, tomando 10 plantas al azar por tratamiento de la parcela útil, depositándose individualmente en bolsas de papel y etiquetándose (marcándose el número de tratamiento y repetición). Las plantas que no se utilizaron se cosecharon en forma imparcial en costales.

La cosecha se llevó a cabo cuando la planta ya estaba totalmente seca.

De las plantas cosechadas para su análisis estadístico se tomaron en consideración los siguientes parámetros (todos los parámetros se tomaron después de cosechadas las plantas).

#### Parámetros:

- Rendimiento
- Peso de planta

- No. de vainas por planta
- Peso de vaina con grano
- No. de grano por vaina
- No. de grano por planta
- Altura de planta
- Nitrógeno total

#### 4. OBJETIVOS E HIPOTESIS

##### Objetivos:

Los objetivos de la presente investigación son los siguientes:

- Evaluar la eficiencia de la cepa de Rhizobium phaseoli (Lote #3, cepa #6) con respecto a la fertilización nitrogenada utilizando 1 fuente de nitrógeno (Urea) a diferentes niveles de fertilización.
- Evaluar el nitrógeno total (gr. N/planta) de los tratamientos y el disponible para el ciclo siguiente:
- Llevar a cabo un estudio económico respecto a la aplicación y fijación (kg) de nitrógeno por hectárea en cuanto al rendimiento en grano y costo de producción en frijol.

##### Hipótesis:

De acuerdo a los objetivos, se puede plantear las siguientes hipótesis de la presente investigación:

$H_0$ .- No existe diferencia significativa entre la cepa específica de Rhizobium phaseoli y la aplicación de fertilizante nitrogenado (Urea) a diferentes niveles de fertilización, en cuanto al rendimiento.

$H_1$ .- Existe diferencia significativa entre la cepa específica de Rhizobium phaseoli y la aplicación de fertilizante nitrogenado (Urea) a diferentes niveles de fertilización en cuanto al rendimiento.

$H_0$ .- No existe diferencia significativa en el contenido de nitrógeno total (gr. N/planta) entre los tratamientos.

$H_1$ .- Existe diferencia significativa en el contenido de nitrógeno total (gr. N/planta) entre los tratamientos.

- Existe diferencia económica en la relación beneficio-costo (B/C) entre la cepa específica y la aplicación de fertilizante nitrogenado (Urea) a diferentes niveles de fertilización.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Análisis estadístico

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el presente trabajo para cada uno de los parámetros analizados con sus cuadros de concentración de datos y análisis de varianza.

5.1.1. Rendimiento en grano.- Refiriéndose a este parámetro, el tratamiento que más sobresalió fué el #2, con un rendimiento de 523.75 kg/ha, obteniendo el menor rendimiento el tratamiento #5 que es la urea (40-00-00) con un rendimiento de 272.50 kg/ha. Cuadro 1.

El análisis de varianza que se realizó (Cuadro 2) reportó que los tratamientos no presentaron diferencia significativa.

5.1.2. Peso de planta.- En cuanto a esta característica agro nómica, el tratamiento que obtuvo el mayor peso promedio fué el #4 que corresponde a la urea (30-00-00), con una media de peso de 13.30 gr/30 plantas muestreadas. El que registró el menor peso promedio fué el tratamiento #5 que se le designó la urea (40-00-00), con una media de peso de 8.09 gr/30 plantas.

Cuadro 3

El análisis de varianza que se realizó (Cuadro 4) reportó que los tratamientos no presentan diferencia significativa.

5.1.3. Número de vainas.- Por lo que respecta a esta característica el tratamiento más sobresaliente fué el #2 que corresponde a la cepa #3, lote #6 con un total de 8.37 vainas por planta y el tratamiento con menor número de vainas fué el #5 que es la urea (40-00-00) con un total de 4.77 vainas por planta. Cuadro 5.

El análisis de varianza que se realizó (Cuadro 6) no reportó significancia entre los tratamientos evaluados.

5.1.4. Peso de vaina con grano.- De acuerdo a esta característica se encontró que el tratamiento #2 fué el más sobresaliente con un peso de 6.58 gr/vaina con grano. El tratamiento #5 reportó el más bajo peso promedio de 3.40 gr/vaina con grano. Cuadro 7 .

El análisis de varianza que se realizó (Cuadro 8) reportó que los tratamientos no presentaron diferencia significativa.

5.1.5. Número de grano por vaina.- Refiriéndose a este parámetro, el tratamiento que más sobresalió fué el #4 con 2.86 granos/vaina, obteniendo el menor número de granos por vaina el tratamiento #2, que corresponde a la cepa #3, lote #6, con 2.34 granos/vaina. Cuadro 9.

El análisis de varianza que se realizó (Cuadro 10) reportó que los tratamientos no presentaron diferencia significativa.

5.1.6. Número de granos por planta.- Refiriendose a esta característica el tratamiento #4 que obtuvo mayor número de granos por planta que fué de 21.67 granos/planta. Obteniendo el menor número de granos por planta el tratamiento #5 con 12.20 granos/planta. Cuadro 11.

El análisis de varianza que se realizó (Cuadro 12) reportó que los tratamientos no presentaron diferencia significativa.

5.1.7. Altura de planta.- De acuerdo a este parámetro el testigo fué el que obtuvo mayor altura de planta que fué el 28.43 (cm) obteniendo la menor altura de planta el tratamiento #6 con 24.28 (cm). Cuadro 13.

El análisis de varianza que se realizó (Cuadro 14) reportó que los tratamientos no presentaron diferencia significativa.

## 5.2. Análisis de nitrógeno

5.2.1. Nitrógeno total.- De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de nitrógeno encontramos que el tratamiento con mayor cantidad de nitrógeno, fue el tratamiento #4 (Urea 30-00-00) con 0.3245 gramos/planta y el tratamiento con menor cantidad de nitrógeno fué el #2 (Bacteria) con una media de 0.1544 gramos/planta. Por lo tanto reportamos que el nitrógeno total fué de 1.2211 gramos de dicha cantidad el 2% pasara a formar parte del nitrógeno disponible para el ciclo siguiente que será de 0.0244 gramos.

El análisis de varianza que se realizó (Cuadro 16) reportó que los tratamientos son significativos.

Debido a que encontró significancia entre tratamientos en el análisis de varianza para el contenido de nitrógeno total (gr. N/planta). Posteriormente se realizó una prueba comparativa de medias por el método Tukey, se encontró que el tratamiento #4 (Urea 30-00-00) con una media de 0.3245 gr. N/planta es diferente a las medias de los demás tratamientos.

### 5.3. Estudio económico

En base a los resultados del estudio económico se encontró que el tratamiento que obtuvo una mayor relación de beneficio-costo fué el #2 (Cepa) con un valor de 2.22; siguiéndole el tratamiento #1 (Testigo) con un valor de 2.16 en la relación.

Así mismo se encontró que el tratamiento con la relación mas baja fué el #5 (Urea 40-00-00) con un valor de 1.00 en la Tabla 3 se pueden observar los resultados de la relación(B/C).

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/Ha (U.B./Ha)
1. Testigo	\$49,930	\$107,686
2. Cepa	51,130	113,656
3. Urea (20-00-00)	56,943	97,378
4. Urea (30-00-00)	57,950	110,127
5. Urea (40-00-00)	58,956	59,132
6. Urea (50-00-00)	59,963	112,297

Observar costos fijos de producción y costos variables  
en las Tablas 4 y 5.

## 6. DISCUSION

En base a los resultados obtenidos de este trabajo de investigación se puede observar que el tratamiento más sobresaliente en cuanto al rendimiento, número de vainas y peso de -- vainas con grano fué el tratamiento No. 2, al cual se le aplicó la inoculación de la bacteria; siendo el tratamiento No. 5 el que reportó el más bajo valor para los mismos parámetros antes mencionados, incluyendo también los siguientes parámetros que son: peso de plantas y No. de granos por planta.

En cuanto a los parámetros No. de granos por vaina, peso de plantas, No. de grano por planta y nitrógeno total, el tratamiento que reportó el valor más alto fué el No. 4, al cual se le aplicó Urea (30-00-00). Siendo la bacteria el tratamiento No. 2 (CEPA No. 3 Lote No. 6) el cual reportó los valores más bajos. Para los parámetros número de granos por vaina y nitrógeno total.

En cuanto al parámetro altura de planta el tratamiento No. 1 que es el testigo observó el valor más alto, observando se que el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento No. 6 la Urea (50-00-00).

Las causas posibles de que no se haya encontrado la respuesta esperada del tratamiento inoculado pudieron haber sido: debido a que no se realizaron pruebas de viabilidad ya que el inoculante estuvo almacenado durante 2 años. El suelo inadecua-do el cual por ser demasiado arcilloso no brinda el espacio

poroso suficiente para el buen desarrollo de los nódulos.

Otra de las posibles causas por las cuales se cree que no hubo un eficiente funcionamiento de la cepa, es el que los suelos de Marín, N.L. presentan en forma no asimilable el fierro, calcio, molibdeno, fósforo y potasio ya que estos son necesarios para la formación de los nódulos, en especial el fierro ya que éste es necesario para la producción de la leghemoglobina presente en los nódulos.

El suelo no respondió a la aplicación de el fertilizante dado que no hubo significancia en el ANVA. Esto debido a una posible inmovilización de el nitrógeno por parte de los diversos microorganismos del suelo ya que el pH no fue limitante, sin embargo se sugiere realizar un experimento en el cual se pruebe superficies de respuesta a dosis de aplicación nitrogenuada.

Se encontró diferencia significativa en cuanto al contenido de nitrógeno en el ANVA y en la prueba de comparación de medios por el método Tuckey, el tratamiento No. 4 es el que obtuvo mayor contenido de nitrógeno.

Sin embargo en el estudio económico se encontró que la cepa ocupa el primer lugar y el tratamiento No. 4 (Urea) que es el que ocupa el lugar No. 3 con una relación beneficio-costo de 1.90; esto quiere decir que con menor inversión al inocular es posible aumentar la ganancia esperada.

## 7. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo y su relación a los objetivos e hipótesis planteadas se derivan las siguientes conclusiones:

1. Como la F. calculada es  $<$  que la F. teórica para todos los parámetros de rendimiento se acepta  $H_0$  con un nivel de significancia de .05 y .01%. Y se concluye que no existe diferencia significativa entre la cepa específica de Rhizobium phaseoli y la aplicación de fertilizante nitrogenado (Urea) a diferentes niveles de fertilización. Como los coeficientes de variación para los parámetros de rendimiento y nitrógeno total están dentro del rango de confiabilidad permitida, podemos concluir que nuestro trabajo es confiable.
2. Como la F. calculada fue  $>$  que la F. teórica para el parámetro contenido del nitrógeno total se rechaza  $H_0$  con un nivel de significancia igual a .05 y .01. Se concluye que existe diferencia significativa en el contenido de nitrógeno total (gr. N. por planta) entre los tratamientos, posteriormente se realizó la prueba de comparación de medias por el método de Tukey y se encontró que el tratamiento No. 4 fué diferente a las medias de los demás tratamientos. Se concluye que el tratamiento No. 4 (30-00-00) es el que obtuvo el mayor contenido de nitrógeno total.
3. Del estudio económico encontramos que la mayor relación de beneficio-costo fué obtenida por el tratamiento No. 2 siguiéndole el tratamiento No. 1. Así mismo se encontró que el tra

tamiento con la relación mas baja fué el tratamiento No. 5. Y se concluye que existe diferencia económica en la relación beneficio-costo entre la cepa específica y la aplicación de fertilizante nitrogenado. Se puede deducir que con una inversión menor utilizando la inoculación se puede obtener una relación beneficio-costo mayor a los tratamientos a los cuales se les aplicó fertilizante, obteniendo ganancias remunerativas.

## 8. RECOMENDACIONES

1. Realizar pruebas de viabilidad para la cepa que se va a probar.
2. Realizar el mismo experimento pero bajo condiciones del ciclo temprano, para observar el efecto diferencial al cambiar el factor ambiental.
3. Probar el mismo trabajo pero bajo condiciones edáficas diferentes para probar el efecto diferencial del suelo.
4. Probar el experimento en el ciclo temprano y tardío bajo las mismas condiciones de suelo pero probando variedades diferentes para observar el efecto de interacción genotipo-ambiente.
5. Probar cepas más eficientes y que se adapten a la región.
6. Realizar un experimento en el cual se evalúe cualitativamente la cepa bacteriana.

## 9. RESUMEN

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

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- Evaluar la eficiencia de la cepa de Rhizobium phaseoli con respecto a la fertilización nitrogenada utilizando una fuente de nitrógeno (Urea) a diferentes niveles de fertilización.
- Evaluar el nitrógeno total de los tratamientos y el disponible para el ciclo siguiente.
- Llevar a cabo un estudio económico respecto a la aplicación y fijación de nitrógeno por hectárea.

La finalidad de este trabajo, fué la de obtener información acerca de la cepa de Rhizobium phaseoli con respecto a la fertilización nitrogenada.

El diseño estadístico utilizado fué en bloques al azar con 3 repeticiones y 6 tratamientos.

Para el análisis estadístico se consideraron los siguientes parámetros:

- Rendimiento
- Peso de planta
- No. de vainas
- Peso de vainas con grano
- No. de grano por vaina
- No. de grano por planta
- Altura de planta
- Nitrógeno total

Para el análisis estadístico que resultó significativo se utilizó la comparación de medias por el método de Tukey.

En cuanto al estudio económico que se realizó, este se obtuvo mediante la relación de beneficio-costo en base a los costos de producción y a la utilidad bruta.

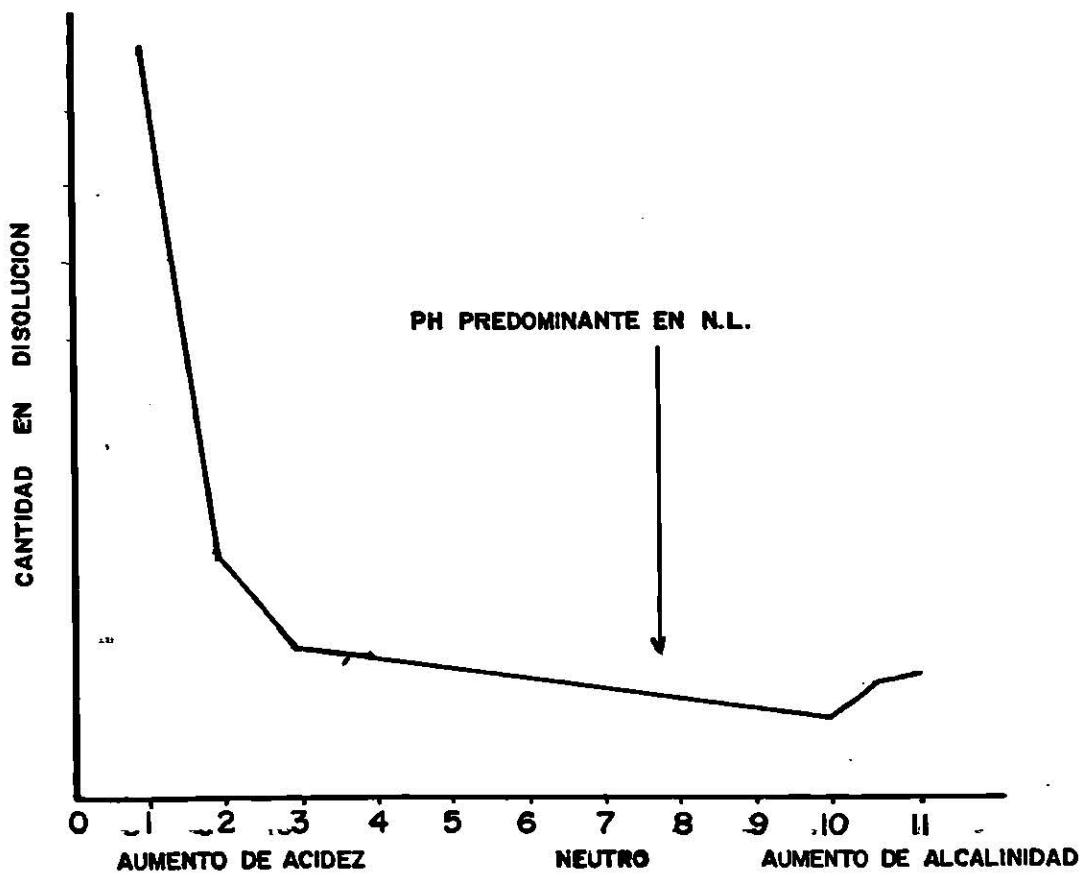
## 10. BIBLIOGRAFIA

1. Alcantar G., E.G. 1978. Estudio del efecto de diferentes dosis de nitrógeno en dos fuentes, sobre los procesos de nodulación, fijación de N<sub>2</sub> y rendimiento en frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis M.C. C.P., Chapingo, México.
2. Aguero Martínez, Juan y López Alvares, Rafael. 1985. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en Marín, N.L. Tesis (Ing. Agrónomo Fitotecnista) U.A.N.L.
3. Alexander Martín, 1980. Introducción a la microbiología del suelo. (Tr. Q.B.P. Juan José Peña Cabriales Ph.D.) México. A.G.T.
4. Bukasov, M.S. 1963. Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia; con suplementos de N.V. Kuleshov y otros. Lima, Perú.
5. Brock, T.D. 1978. Biología de los microorganismos. 2da. ed. Barcelona, Omega.
6. Bonciarelli, Francesco. 1979. Agronomía. (Tr. Gaspar González y Andrés Suárez). León, España.
7. Engleman, F.M. 1979. Contribución al conocimiento del frijol (Phaseolus) en México. C.P. Chapingo, México.

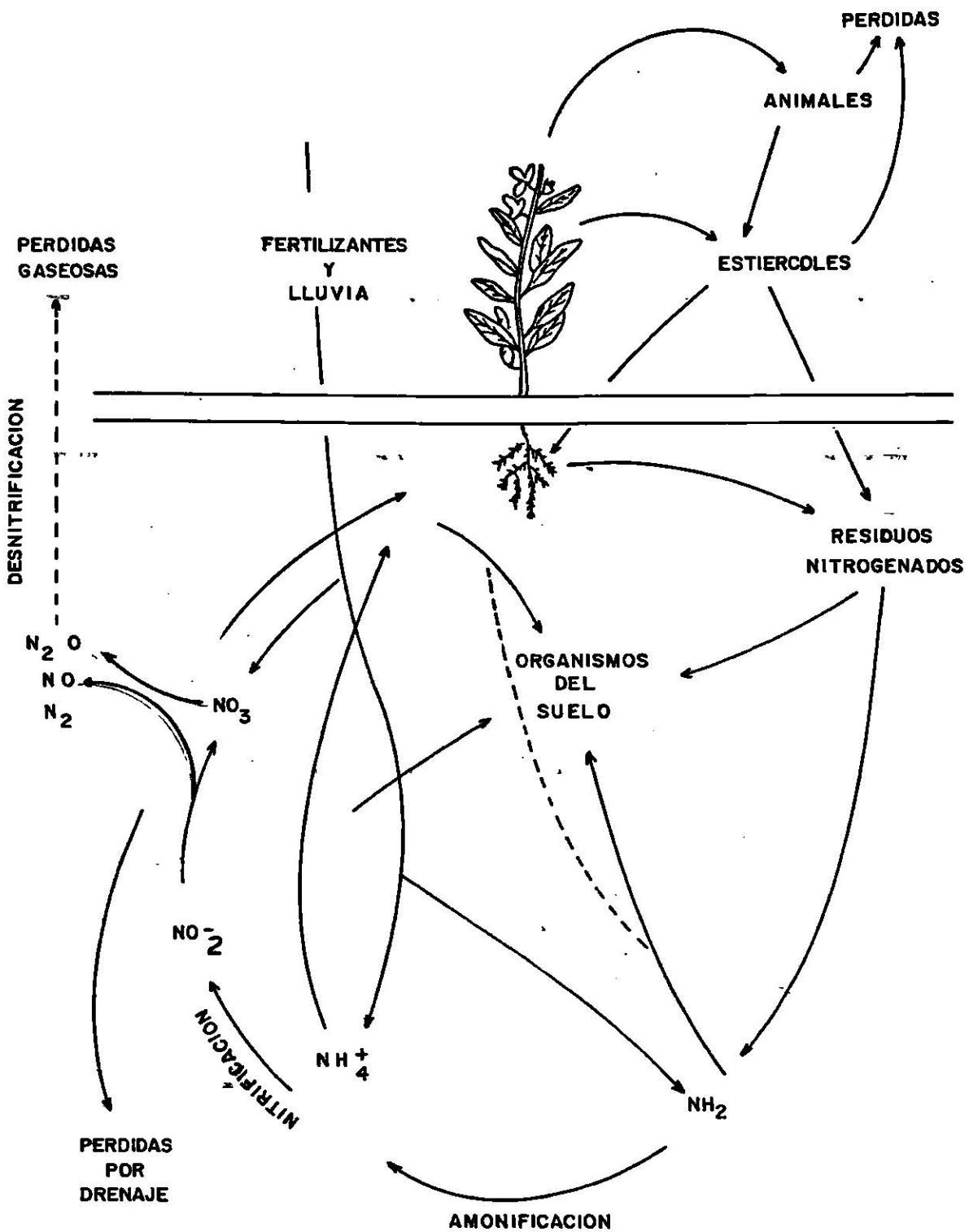
8. García Fernández, Jose y García del Caz, Rafael. 1982. Edafología y fertilización agrícola. Barcelona. AEDOS.
9. Guerra Garza Juan Antonio y García Santoyo Juan Manuel. 1985. Prueba comparativa de 4 fertilizantes químicos nitrógenados y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.) en Marín, N.L. Tesis Ing. Agr. Fitotecnista. U.A.N.L.
10. Pérez M., F. 1982. Evaluación del comportamiento de dos variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) bajo los efectos de fertilización y densidades, a dos niveles cada uno en el ejido "San Rafael del Llano" del municipio de Gral. Terán, N.L. Tesis (Ing. Agr. Fitotecnista) U.A.N.L.
11. Pérez, T.,H. 1980. Algunos aspectos biológicos de la asociación simbiótica de Phaseolus vulgaris L.-Rhizobium phaseoli. Tesis M.C., C.P. Chapino, México.
12. Ramírez Castro, Lilia. 1981. Efectos del sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ) sobre los componentes del rendimiento de una variedad de hábito semideterminado de frijol (Phaseolus vulgaris L.) creciendo en suelo alcalino. Monterrey, N.L. Tesis (Biólogo) U.A.N.L.
13. Ruiz Oronoz, Manuel 1966. Tratado elemental de botánica. 9 ed. México, Edit. E.C.L.A.L.S.A. Porrua.

14. Robles Sánchez, Raúl 1982. Producción de granos y forrajes.  
3<sup>a</sup>ed. México, LIMUSA.
15. Sánchez Marroquín, Alfredo. 1964. Microbiología agrícola.  
ENA., C.P. Chapingo, México.
16. S.A.R.H.-I.N.I.A.-C.I.A.G.O.N. 1981. Logros y aportaciones  
de la investigación agrícola en el Estado de Nuevo León.  
Terán, N.L. México.
17. S.A.R.H.-S.A.O.-D.G.E.A. 1982. Econotecnia agrícola consu-  
mos aparentes de productos agrícolas 1925-1982. Vol. VII  
Nº 9. México, D.F.
18. S.A.R.H. 1982. Departamento de estadística del Distrito de  
Riego 04 "Don Martín" Ciudad Anáhuac, Nuevo León.
19. S.A.R.H.-I.N.I.A.-C.I.A.G.O.N.-C.A.E.N.A. 1983. Plan de  
investigación de frijol en el Estado de Nuevo León.
20. Wilsie Carroll, Paton. 1969. Cultivos: aclimatación y dis-  
tribución (Tr. Manuel Serrano García). Zaragoza, España.  
Ed. Acribia.
21. Whyte, R.O. 1968. Las leguminosas en la agricultura (F.A.O.  
Estudios Agropecuarios).

## **11. APENDICE**



Grafica 1. Relación entre el PH y la solubilidad relativa del fierro.



## **Figura 1. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL CICLO DEL NITROGENO**

Tabla 1. Grupos de inoculación cruzada y asociaciones de Rhizobium-Leguminosa.

Grupo de inoculación cruzada	Especie de <u>Rhizobium</u>	Género hospedero	Leguminosas incluidas
Grupo de la alfalfa	<u>R. meliloti</u>	Medicago Meliotus Trigonella	Alfalfa Trébol Alholva
Grupo del trébol	<u>R. trifolii</u>	Trifolium	Tréboles
Grupo del Chicharo	<u>R. leguminosarum</u>	Pisum Vicia Lathyrus Lens	Chicharo Algarroba Almorta Lenteja
Grupo del frijol	<u>R. phaseoli</u>	Phaseolus	Frijol
Grupo del Altramuz	<u>R. lupini</u>	Lupinus Ornithopus	Altramuz Serradela o pie de pájaro
Grupo de la soya	<u>R. japonicum</u>	Glycine Vigna Lespedeza Crotalaria Pueraria Arachis Phaseolus	Soya Caupí Trébol de japon Crotalaria Kudzú Cacahuate Frijol lima

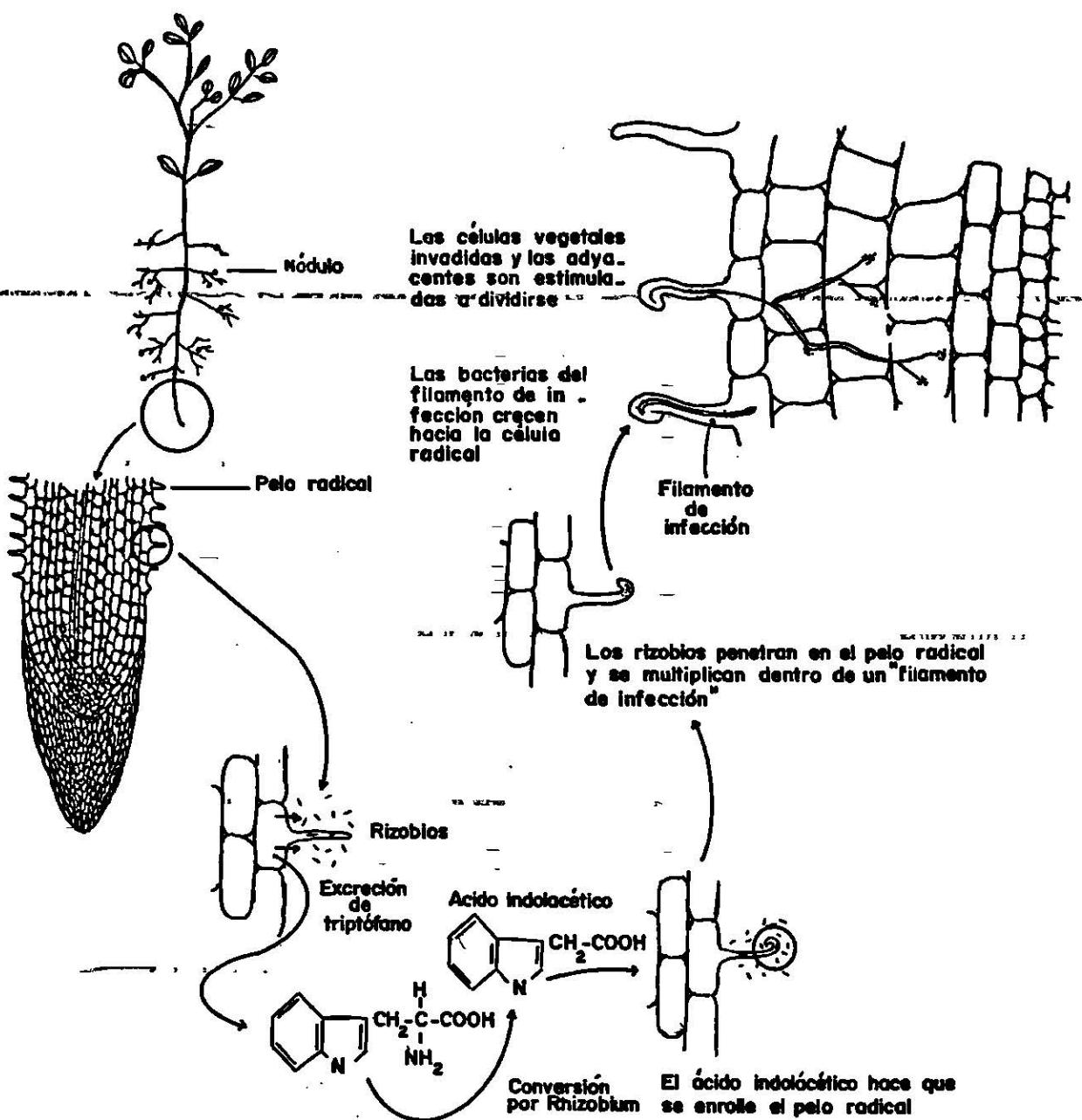
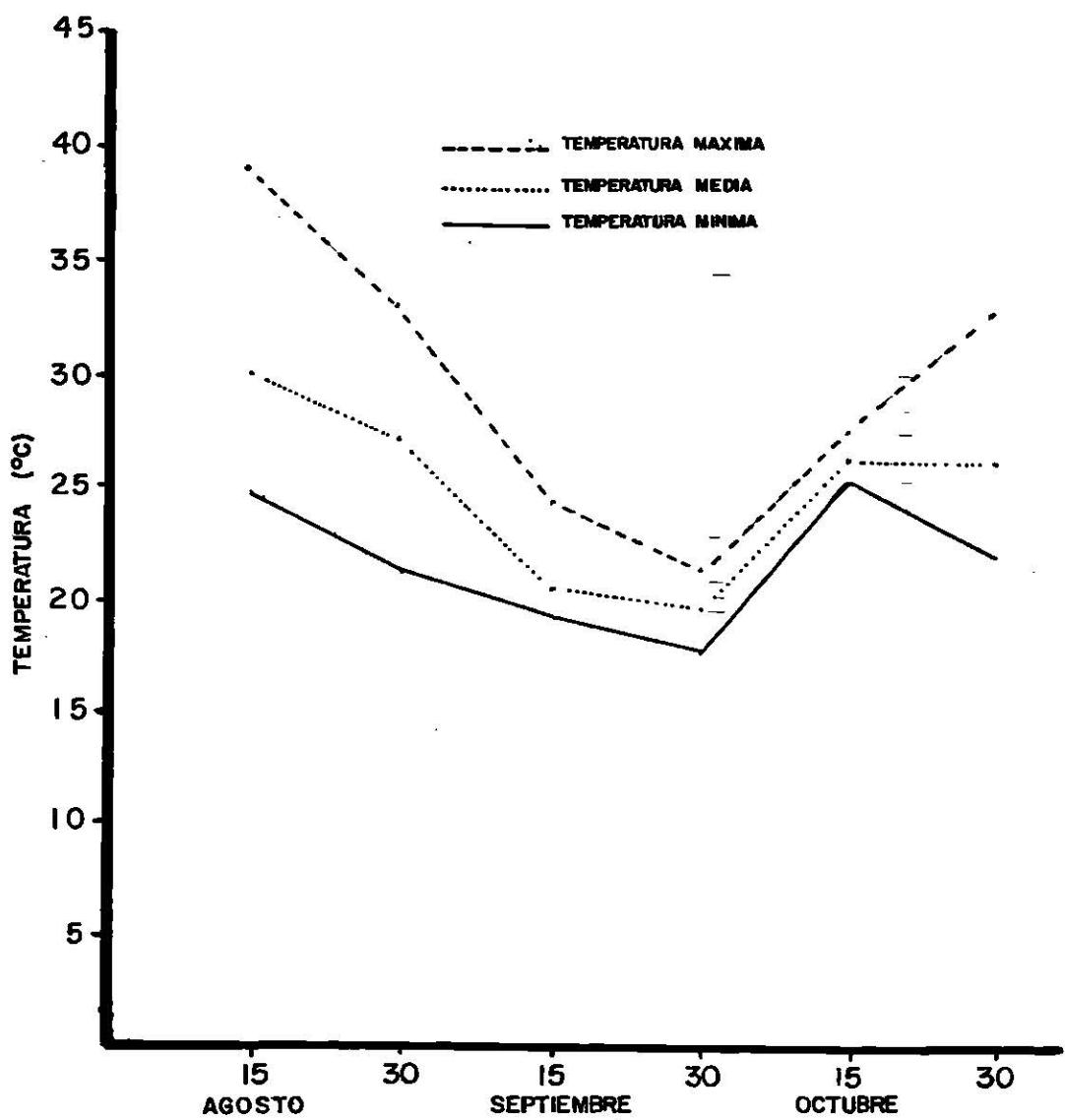
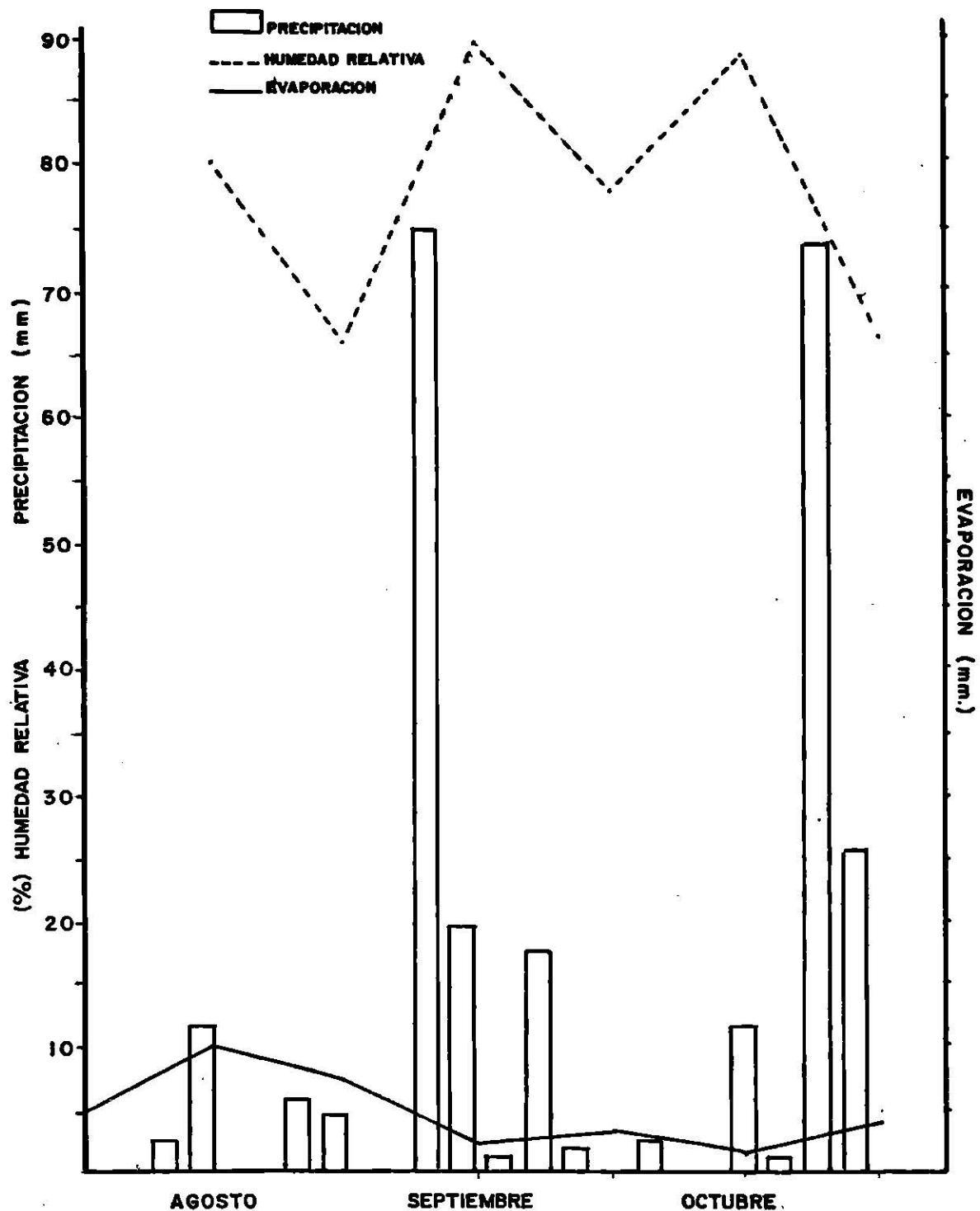


Figura 2. Estadios en la formación de un nódulo radical.



Grafica 2. Registro de temperaturas mínima, media y máxima en °C del 15 de Agosto al 30 de Octubre de 1985.



Grafica 3. Registro de Precipitación HR y Evaporación en Marin, N.L.

Tabla 2. Determinación de las propiedades promedio físicas y químicas del suelo (0-30 cm), del sitio experimental.

Determinación	Profundidad en cms 0-30	Clasificación Agronómica
Color	seco 10YR 6/2 húmedo 10YR 5/2	gris claro cafesaceo café grisaceo
Reacción	pH 6.8-7.2	neutro
Textura		
Arena %	16.89	migajón
Limo %	9.12	limoso
Arcilla %	71.88	
Materia orgánica	2.38	medio
Nitrógeno total %	0.1341	

Nota: el pH se determinó por medio del papel indicador.

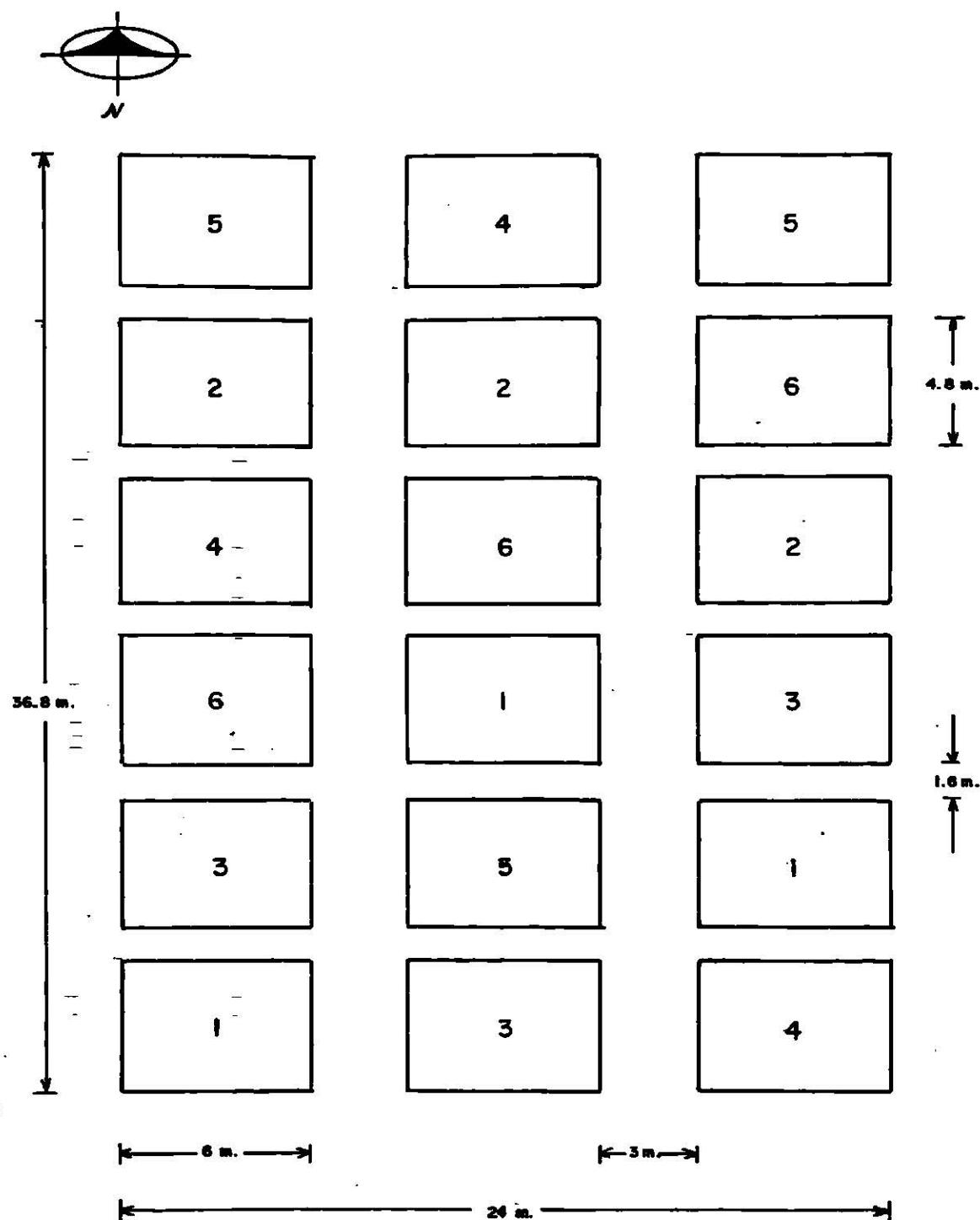


Figura 3. CROQUIS EXPERIMENTAL Y ALEATORIZACION DE TRATAMIENTOS.

Cuadro 1. Concentración de datos para rendimiento en grano (kg/ha). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo Tardío 1985.

Tratamiento	Repeticiones			$\bar{x}$	kg/ha.
	I	II	III	gr/planta	
1. Testigo	5.14	1.94	4.84	3.97	496.25
2. Cepa #3 lote #6	5.21	2.88	4.49	4.19	523.75
3. Urea (20-00-00)	4.58	3.77	2.43	3.59	448.75
4. Urea (30-00-00)	4.01	2.75	5.44	4.06	507.50
5. Urea (40-00-00)	2.61	2.2	1.73	2.18	272.50
6. Urea (50-00-00)	6.8	2.28	3.34	4.14	517.50

Cuadro 2. Análisis de varianza para rendimiento en grano (kg/ha). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	F. teórica	
					0.05	0.01
Tratamiento	5	8.9023113	1.7804623	1.31 <sup>NS</sup>	3.33	5.64
Bloque	2	13.08711	6.543555	4.82*	4.10	7.56
Error	10	13.549959	1.3549959			
Total	18	280.7768				

$$C.V. = \frac{C.M.E}{\bar{x}} \times 100 = 10.51\%$$

\* = Significativo

\*\* = Altamente Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 3. Concentración de datos para peso de plantas (gr/30 plantas). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

Tratamiento	Repeticiones			$\bar{x}$ gr/planta
	I	II	III	
1. Testigo	12.75	9.51	12.31	11.52
2. Cepa #3 lote #6	13.96	8.74	10.19	10.96
3. Urea (20-00-00)	12.74	11.87	7.52	10.71
4. Urea (30-00-00)	13.98	12.28	13.64	13.30
5. Urea (40-00-00)	9.18	9.5	5.59	8.09
6. Urea (50-00-00)	15.49	10.78	9.48	11.92

Cuadro 4. Análisis de varianza para peso de planta (gr/30 plantas). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. teórica		
				F.cal.	0.05	0.01
Tratamientos	5	44.7464	8.9492	2.75 <sup>NS</sup>	3.33	5.64
Bloque	2	34.92085	17.4604	5.37*	4.10	7.56
Error	10	32.4629	3.24628			
Total	18	2323.4767				

C.V. = 5.41%

\* = Significativo

\*\* = Altamente Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 5. Concentración de datos para el número de vainas. Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

Tratamiento	Repeticiones			$\bar{x}$ # vainas
	I	II	III	
1. Testigo	11.2	5.3	7.9	8.13
2. Cepa #3 lote #6	11	6	8.1	8.37
3. Urea (20-00-00)	10.5	7.6	4.6	7.57
4. Urea (30-00-00)	8.5	6.9	8.1	7.83
5. Urea (40-00-00)	5.8	5.2	3.3	4.77
6. Urea (50-00-00)	8.8	6.4	5.3	6.83

Cuadro 6. Análisis de varianza para número de vainas. Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	F teórica	
					0.05	0.01
Tratamiento	5	26.425	5.285	2.53 <sup>NS</sup>	3.33	5.64
Bloque	2	37.823333	18.911667	9.05 <sup>**</sup>	4.10	7.56
Error	10	20.876667	2.0876667			
Total	18	1031.25				

C.V. = 6.6%

\* = Significativo

\*\* = Altamente Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 7. Concentración de datos para peso de vainas con grano (gr). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

Tratamiento	Repeticiones			$\bar{x}$ gr/vaina con grano
	I	II	III	
1. Testigo	7.93	3.36	7.16	6.15
2. Cepa #3 lote #6	8.48	4.31	6.96	6.58
3. Urea (20-00-00)	7.13	5.83	3.62	5.53
4. Urea (30-00-00)	6.43	4.48	7.88	6.26
5. Urea (40-00-00)	4	3.74	2.45	3.40
6. Urea (50-00-00)	9.22	3.76	5.04	6.01

Cuadro 8. Análisis de varianza para peso de vainas con grano (gr). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	F. teórica	
					0.05	0.01
Tratamiento	5	20.15131	4.030262	1.65 <sup>NS</sup>	3.33	5.64
Bloque	2	26.30374	13.15187	5.39*	4.10	7.56
Error	10	24.381375	2.4381375			
Total	18	646.3458				

C.V. = 9.20%

\* = Significativo

\*\* = Altamente Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 9. Concentración de datos para número de grano por vaina. Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

Tratamiento	Repeticiones			$\bar{x}$ # grano/vaina
	I	II	III	
1. Testigo	2.465	2.228	3.122	2.60
2. Cepa #3 lote #6	2.195	2.373	2.463	2.34
3. Urea (20-00-00)	2.409	3.008	2.268	2.56
4. Urea (30-00-00)	2.281	2.932	3.366	2.86
5. Urea (40-00-00)	2.353	2.86	2.173	2.46
6. Urea (50-00-00)	3.319	2.254	2.463	2.68

Cuadro 10. Análisis de varianza para número de grano por vaina. Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	F. teórica	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	0.47559	0.095118	0.43 <sup>NS</sup>	3.33	5.64
Bloque	2	0.0630323	0.0315161	0.14 <sup>NS</sup>	4.10	7.56
Error	10	2.1990977	0.2199097			
Total	18	123.02811				

C.V. = 6.04%

NS = No Significativo

Cuadro 11. Concentración de datos para número de granos por planta. Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

Tratamiento	Repeticiones			# de granos/planta
	I	II	III	
1. Testigo	25.4	12.4	24.3	20.70
2. Cepa #3 lote #6	23.2	14.2	20.7	19.37
3. Urea (20-00-00)	25.3	21.7	10.3	19.10
4. Urea (30-00-00)	18.3	20.1	26.6	21.67
5. Urea (40-00-00)	14.1	15.1	-7.4	12.20
6. Urea (50-00-00)	30.7	15.6	12.8	19.70

Cuadro 12. Análisis de varianza para número de granos por planta. Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	F. teórico	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	169.82447	33.964894	0.89 <sup>NS</sup>	3.33	5.64
Bloque	2	147.9678	73.9839	1.94 <sup>NS</sup>	4.10	7.56
Error	10	380.38553	38.038553			
Total	18	7052.58				

C.V. = 10.94%

NS = No Significativo

Cuadro 13. Concentración de datos para altura de planta (cm).  
 Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitro-  
 genado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli  
 en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

Tratamiento	Repeticiones			$\bar{x}$ Altura de planta
	I	II	III	
1. Testigo	26.65	27.25	31.40	28.43
2. Cepa #3 lote #6	29.75	22.60	24.10	25.48
3. Urea (20-00-00)	29.7	26.15	20.80	25.55
4. Urea (30-00-00)	27.85	28.05	29.35	28.42
5. Urea (40-00-00)	27.85	25.70	21.20	24.92
6. Urea (50-00-00)	28.15	22.55	22.15	24.28

Cuadro 14. Análisis de varianza para altura de planta (cm).  
 Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitro-  
 genado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli  
 en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	F. teórica	
					0.05	0.01
Tratamiento	5	48.46736	9.693472	1.12	NS	3.33
Bloque	2	42.295	21.1475	2.44	NS	4.10
Error	10	86.52814	8.65284			7.56
Total	18	12514.878				

C. V. = 3.74%

NS = No Significativo

Cuadro 15. Concentración de datos para el contenido de nitrógeno total (gr N/planta). Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

<u>Tratamiento</u>	<u>Repeticiones</u>			<u>Total</u>	$\bar{x}$ <u>gr N/planta</u>
	I	II	III		
1. Testigo	0.2584	0.2646	0.0722	0.5952	0.1984
2. Cepa #3 lote #6	0.2010	0.2224	0.0398	0.4632	0.1544
3. Urea (20-00-00)	0.1835	0.2888	0.0168	0.4891	0.1630
4. Urea (30-00-00)	0.3987	0.3519	0.2231	0.9737	0.3245
5. Urea (40-00-00)	0.2644	0.2284	0.0203	0.5131	0.1710
6. Urea (50-00-00)	0.3421	0.2622	0.0251	0.6294	0.2098

1.2211

Cuadro 16. Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno total. Prueba comparativa de 1 fertilizante químico nitrogenado y 1 cepa específica de Rhizobium phaseoli en frijol. Marín, N.L. Ciclo tardío 1985.

<u>F. V.</u>	<u>G. L.</u>	<u>S. C.</u>	<u>C. M.</u>	<u>Fcal</u>	<u>F. teórico</u>	
					<u>0.05</u>	<u>0.01</u>
Tratamiento	5	0.05948	0.011896	6.87*	3.33	5.64
Bloque	2	0.16979	0.08489	49.07**	4.10	7.56
Error	10	0.017299	0.00172			
Total	18	0.992269				

C.V. = 6.81 %

\* = Significativo

\*\* = Altamente Significativo

Tabla 3. Resultados de la relación beneficio-costo (B/C), para los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Relación (B/C)
Cepa	2.22
Testigo	2.16
Urea (30-00-00)	1.90
Urea (50-00-00)	1.87
Urea (20-00-00)	1.71
Urea (40-00-00)	1.00

Tabla 4. Costos fijos de producción (\$/ha.), para frijol autorizado por S.A.R.H., 1986.

A. Preparación del suelo	\$15,000
B. Siembra	19,430
C. Labores de cultivo	8,000
D. Cosecha	7,500
Total	\$ 49,930

\*Fuente: S.A.R.H.

Tabla 5. Costos variables de producción (Fertilizante e inoculante), 18 de abril de 1986,

---

A. Fertilizante nitrogenado	\$/ha.
UREA	
20-00-00	\$ 2013
30-00-00	3020
40-00-00	4026
50-00-00	5033
B. Aplicación de fertilizante	5000
C. Inoculante 1 kg/ha	1200

---

\*Fuente Fertimex

