

870132

Universidad Autónoma de Guadalajara

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE INGENIERIA AGRICOLA



Evaluación de la eficiencia de cepas de Rhizobium phaseoli  
bajo condiciones de campo en el municipio de  
Tepatitlán, Jalisco.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
Ingeniero Agrícola Area Agroecosistemas  
P R E S E N T A  
NELSON EDUARDO RIOS RIVERA MELO

Asesor: Dr. Rogelio Lépiz Ildelfonso

GUADALAJARA, JAL. AGOSTO

2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**

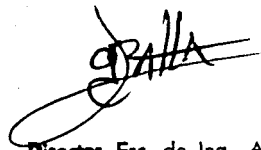


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

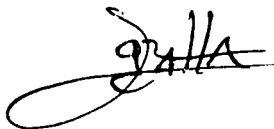
**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Dalla', written in a cursive style with a large loop at the end.

**-Director Esc. de Ing. Agríc.**

A second handwritten signature in black ink, identical to the first one, appearing to be 'Dalla'.

**-Presidente Comisión Revisora de Iesis**

DEDICATORIA

A mis padres: Juan Manuel Ríos Islas y  
Elena Rivera Melo Vázquez.  
A quienes admiro.  
A quienes todo les debo.

**AGRADECIMIENTOS**

A Dios: Por darme el ser y permitir  
mi formación integral como  
individuo y profesionalista.

## AGRADECIMIENTOS

Al C.P. MIGUEL ANGEL DAVILA M., Director de Fertilizantes Mexicanos, S.A., por el apoyo y orientaciones recibidas del personal de la Gerencia de Campo de esta Empresa.

Al H. cuerpo de asesores: Dr. Rogelio Lépiz Ildefonso,  
Biol. Pablo Montoya Gerardo,  
M.C. José Antonio Zepeda Mora,  
M.C. Francisco Javier Cardona.

Y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron con sus valiosas aportaciones para la realización de mis estudios profesionales y del presente documento. A todos, mi sincero reconocimiento.

## CONTENIDO

	Pag.
INDICE DE CUADROS . . . . .	vi
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS DEL APENDICE . . . . .	x
I. INTRODUCCION . . . . .	1
II. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS . . . . .	3
III. REVISION DE LITERATURA . . . . .	5
3.1. Fijación de nitrógeno . . . . .	5
3.1.1. Fijación biológica del nitrógeno . . . . .	6
3.1.2. Bacterias fijadoras de nitrógeno en las raíces de plantas leguminosas . . . . .	7
3.2. El microsimbionte . . . . .	8
3.3. Excreción del nitrógeno . . . . .	11
3.4. Factores que afectan la nodulación y actividad simbiótica . . . . .	13
3.5. Trabajos relacionados con la inoculación de <u>Phaseolus vulgaris</u> . . . . .	16
IV. MATERIALES Y METODOS . . . . .	25
4.1. Localización . . . . .	25
4.2. Clima . . . . .	25
4.3. Suelos . . . . .	26
4.4. Análisis de laboratorio . . . . .	26
4.5. Cepas . . . . .	27
4.6. Variedad . . . . .	28
4.7. Desarrollo del experimento . . . . .	29
4.8. Manejo del cultivo . . . . .	33
4.9. Observaciones . . . . .	34

	Pag.
V. RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	36
5.1. Análisis de varianza y comparación de medias de los tratamientos . . . . .	36
5.2. Análisis de correlación . . . . .	60
5.3. Análisis económico de la variable rendimiento de grano . . . . .	62
VI. CONCLUSIONES . . . . .	65
VII. RESUMEN . . . . .	68
VIII. LITERATURA CITADA . . . . .	70
IX. APENDICE . . . . .	77



## INDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1.- Clasificación de las asociaciones	
<u>Rhizobium</u> -leguminosas . . . . .	10
Cuadro 2.- Promedio de fijación de nitrógeno por	
algunas leguminosas . . . . .	11
Cuadro 3.- Características físico-químicas de cinco	
muestras de suelo tomadas del lote experi-	
mental . . . . .	27
Cuadro 4.- Cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> utilizadas -	
así como su origen . . . . .	28
Cuadro 5.- Análisis de varianza de la variable núme-	
ro de nódulos del primer muestreo, reali-	
zado a los 30 días de establecido el ex-	
perimento . . . . .	36
Cuadro 6.- Número de nódulos promedio y comparación	
de medias de los tratamientos del primer	
muestreo, realizado a los 30 días de es-	
tablecido el experimento . . . . .	38
Cuadro 7.- Análisis de varianza de la variable núme-	
ro de nódulos obtenidos en el segundo	
muestreo, realizado a los 48 días de es-	
tablecido el experimento . . . . .	39
Cuadro 8.- Número de nódulos promedio por tratamien-	
to y comparación de medias de los trata-	
mientos del segundo muestreo, realizado a	
los 48 días de establecido el experimento	40

Cuadro 9.- Análisis de varianza de la variable peso seco de nódulos del primer muestreo, realizado a los 30 días de establecido el experimento . . . . .	43
Cuadro 10.- Peso seco de los nódulos promedio y comparación de medias de los tratamientos del primer muestreo, realizado a los 30 días de establecido el experimento . . . . .	44
Cuadro 11.- Análisis de varianza de la variable peso seco de nódulos del segundo muestreo, realizado a los 48 días de establecido el experimento . . . . .	45
Cuadro 12.- Peso seco de nódulos promedio y comparación de medias de los tratamientos del segundo muestreo, realizado a los 48 días de establecido el experimento . . . . .	46
Cuadro 13.- Análisis de varianza de la variable peso seco de la parte aérea de la planta del primer muestreo, realizado a los 30 días de establecido el experimento . . . . .	48
Cuadro 14.- Peso seco promedio de la parte aérea de la planta y comparación de medias de los tratamientos del primer muestreo, realizado a los 30 días de establecido el experimento . . . . .	50

Cuadro 15.- Análisis de varianza de la variable peso seco de la parte aérea de la planta del segundo muestreo, realizado a los 48 días de establecido el experimento . . .	51
Cuadro 16.- Peso seco promedio de la parte aérea de la planta y comparación de medias de los tratamientos del segundo muestreo, realizado a los 48 días de establecido el experimento . . . . .	52
Cuadro 17.- Análisis de varianza de la variable contenido de nitrógeno total en el follaje del primer muestreo, realizado a los 30 días de establecido el experimento . . .	54
Cuadro 18.- Contenido promedio de nitrógeno total en el follaje y comparación de medias de los tratamientos del primer muestreo, realizado a los 30 días de establecido el experimento . . . . .	55
Cuadro 19.- Análisis de varianza de la variable contenido de nitrógeno total en el follaje del segundo muestreo, realizado a los 48 días de establecido el experimento. .	56
Cuadro 20.- Contenido promedio de nitrógeno total en el follaje y comparación de medias de los tratamientos del segundo muestreo, realizado a los 48 días de establecido el experimento . . . . .	57

Cuadro 21.- Análisis de varianza de la variable rendimiento de grano . . . . .	58
Cuadro 22.- Rendimiento promedio de grano y comparación de los tratamientos . . . . .	59
Cuadro 23.- Análisis económico por tratamiento del experimento realizado sobre cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> . . . . .	63

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS DEL APENDICE

	Pag.
Cuadro A1.- Número de nódulos obtenidos por tratamiento y por repetición en el primer muestreo . . . . .	77
Cuadro A2.- Número de nódulos obtenidos por tratamiento y por repetición en el segundo muestreo . . . . .	78
Cuadro A3.- Peso seco en gramos de nódulos por tratamiento y repetición en el primer muestreo . . . . .	78
Cuadro A4.- Peso seco en gramos de los nódulos obtenidos por tratamiento y por repetición en el segundo muestreo . . . . .	79
Cuadro A5.- Peso seco en gramos de la parte aérea de la planta obtenido por tratamiento y repetición en el primer muestreo . . . . .	79
Cuadro A6.- Peso seco en gramos de la parte aérea de la planta obtenido por tratamiento y repetición en el segundo muestreo . . . . .	80
Cuadro A7.- Contenido de nitrógeno total, en gramos, en el follaje por tratamiento y repetición en el primer muestreo . . . . .	80
Cuadro A8.- Contenido de nitrógeno total, en gramos, en el follaje por tratamiento y repetición en el segundo muestreo . . . . .	81

	Pag.
Cuadro A9.- Rendimiento de grano obtenido por tratamiento y repetición en kg/ha. . . . .	81
Figura A1.- Precipitación pluvial promedio de 34 años y temperatura promedio mensual de 18 años en la estación climatológica de Tepatitlán . . . . .	82
Figura A2.- Comparación de la precipitación pluvial promedio de 34 años y la del año de estudio de la estación climatológica de Tepatitlán . . . . .	83

## I. INTRODUCCION

En la actualidad el cultivo del frijol es de gran importancia en México, debido a que constituye la principal fuente de proteínas del sector de más bajos recursos económicos. Después del maíz se considera el cultivo de mayor importancia como alimento básico (Alvarez citado por Rojas, 1975). En cuanto a superficie cultivada ocupa el segundo lugar después del maíz (DGEA, 1981).

En la zona de Los Altos, Jalisco, se cultivan 90,000 has. de frijol asociado con maíz y solamente 12,000 has. de frijol solo. De estas en el municipio de Tepatlán se siembran 200 has. (Departamento de Planeación, SARH, 1984).

Los rendimientos en Los Altos van de 300 a 600 kgs /ha. Mediante la utilización de variedades resistentes a las enfermedades presentes en la región, el uso de una adecuada densidad de siembra, aplicaciones de fertilizantes y un efectivo control de malezas y plagas se lograrán mejores cosechas (Lépiz et al., 1984).

Existen técnicas poco conocidas que ayudan a incrementar los rendimientos del frijol. Este es el caso de la inoculación con bacterias de género Rhizobium a las semillas de las leguminosas. Esta alternativa es de gran im-

portancia debido a sus múltiples beneficios. Aumenta el --  
rendimiento y la calidad de las cosechas, y además previe-  
ne el agotamiento del nitrógeno del suelo, ya que la plan-  
ta obtiene la mayor parte de este elemento de la atmósfera  
mediante la fijación realizada por las bacterias (Hughes -  
et al ., 1981).

Por lo anterior, se consideró necesario realizar  
una evaluación de diferentes cepas de Rhizobium en la loca-  
lidad de Tepatitlán, Jalisco.



## II. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS

Los objetivos que se persiguieron con la presente investigación fueron los siguientes:

- 1.- Determinar mediante comparaciones, la eficiencia de -- las cepas de Rhizobium phaseoli para aumentar el rendimiento de grano de frijol en relación a los fertilizantes nitrogenados.
- 2.- Identificar las mejores cepas de Rhizobium phaseoli para su posible utilización futura.
- 3.- Correlacionar los diversos parámetros para averiguar -- una posible relación entre estos.
- 4.- Identificar algunos problemas relacionados con la fijación biológica del nitrógeno.

Las hipótesis planteadas en el presente trabajo fueron las siguientes:

- 1.- Si los factores edáficos son propicios para el desarrollo de las cepas de Rhizobium phaseoli, mediante la -- inoculación se obtendrán algunos rendimientos en grano similares a aquellos producidos mediante la aplicación de nitrógeno químico.

- 2.- Las cepas más eficientes deben producir altos rendimientos, gran número de nódulos, un alto peso seco de nódulos y follaje y fijar un alto contenido de nitrógeno.
- 3.- Los rendimientos de los tratamientos 00-00-00 y 00-30-00 deben de ser de los más bajos, en caso contrario la cepa nativa es de buena calidad.
- 4.- Entre el grupo de cepas a evaluar hay diferencias en la fijación del nitrógeno.

Los supuestos considerados son los siguientes:

- 1.- El sitio experimental es representativo de la zona frijolera de la región.
- 2.- Las labores agrícolas aplicadas son las recomendadas para la región.
- 3.- La variedad de frijol utilizada es la más indicada para cultivarse en la zona de Los Altos.

### III. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1. Fijación de nitrógeno.

El proceso de combinación del nitrógeno con otros elementos recibe el nombre de fijación de nitrógeno, y se realiza en la naturaleza gracias a la acción de ciertos microorganismos y a las descargas eléctricas en la atmósfera (Thompson y Troeh, 1980).

El nitrógeno es un elemento abundante, compone aproximadamente el 78% de la atmósfera y se estima que sobre cada hectárea de terreno hay unas 87,000 ton (Huges et al., 1981). No obstante lo anterior, es un elemento nutricional muy escaso debido a que el nitrógeno atmosférico es inerte y no pueden aprovecharlo la mayoría de los organismos. El nitrógeno únicamente se incorpora en los sistemas biológicos cuando ha sido combinado con ciertos elementos (Winston, 1978).

Existen diferentes tipos de fijación del nitrógeno, siendo los más importantes los siguientes: a) fijación por microorganismos que viven simbióticamente en plantas leguminosas y otros que viven en plantas no leguminosas, b) fijación por microorganismos que viven libremente en el suelo, c) fijación por las descargas eléctricas atmosféricas y d) fijación industrial (Tisdale y Nelson, --

1978).

La fuente primaria del nitrógeno es la atmósfera. Originalmente el nitrógeno debió fijarse mediante descargas eléctricas, siendo arrastrado al suelo por la lluvia ---- (Thompson y Troeh, 1980). Este proceso sigue funcionando y representa alrededor de los 50 kg /ha anualmente (Tisdale y Nelson, 1978).

### 3.1.1. Fijación biológica del nitrógeno.

La fijación biológica del nitrógeno es un proceso natural por medio del cual este elemento atmosférico -- puede pasar a formar parte del nitrógeno del suelo (Ortega, 1978). La aplicación de fertilizantes provee sólo una parte del nitrógeno asimilado por las plantas, el resto es -- suministrado por alguna otra fuente, sin embargo el balance del nitrógeno debe de ser ajustado por la fijación biológica (Alexander, 1980).

Se sabe que la fijación biológica del nitrógeno ocurre en el suelo, dentro y sobre las raíces de algunas - plantas, en los troncos, tallos y hojas de las plantas, en agua dulce y en agua del mar y en los tractos digestivos - de una variedad de animales de sangre caliente. La fija--- ción biológica ha sido clasificada en simbiótica y no simbiótica (Dazzo y Hubbell, 1974).

La fijación biológica del nitrógeno atmosférico comprende bacterias que son fotosintéticas, otras requieren oxígeno y otras terceras viven en un medio anaerobio. Todos estos organismos tienen en común una enzima, la cual fija el nitrógeno: la nitrogenasa (Teuscher y Adler, 1981).

### 3.1.2. Bacterias fijadoras de nitrógeno en las raíces de plantas leguminosas.

Diferentes parejas de organismos son capaces de utilizar el nitrógeno atmosférico gracias a sus relaciones simbióticas. El ejemplo clásico es aquel entre las plantas leguminosas y las bacterias del género Rhizobium. En las raíces de estas plantas aparecen hinchazones llamadas nódulos. Estos se desarrollan como respuesta a una penetración en el cortex radical por parte de bacterias fijadoras de nitrógeno. Las bacterias penetran primero por los pelos radicales, luego en las células del cortex. Las bacterias liberan compuestos parecidos a las citocininas, provocando que las células corticales se dividan. Los nódulos se producen por consecuencia de la proliferación de células corticales en las que viven las bacterias (Fahn, 1974).

Las plantas leguminosas contienen clorofila y utilizan la luz para producir glúcidos. Las bacterias del género Rhizobium reciben parte de estos glúcidos empleándolos como fuente de energía en el proceso de fijación de --

nitrógeno. Parte de los compuestos de nitrógeno que se originan vuelven al primer organismo asimilándolos. Por lo cual el proceso redunda en beneficio mutuo (Worthen y Aldrich, 1980).

Las bacterias rizobiales pueden aplicarse a la semilla mediante un procedimiento llamado inoculación. El cultivar una leguminosa no asegura la adición de nitrógeno al suelo, ya que las condiciones del cultivo pueden ser -- desfavorables, estar ausente la cepa de Rhizobium apropiada o extraer más nitrógeno en la cosecha del que se ha fijado (Black, 1968).

### 3.2. El microsimbionte.

El género Rhizobium se ha definido como el grupo de bacterias con capacidad de producir nódulos en las raíces de las plantas de la familia Leguminosae, no utilizan citrato y no producen cetalactosa (Frank citado por Alexander, 1980). Son bacilos Gram negativos de 0.5 a 0.9 micras de ancho y de 1.3 a 3 micras de largo, presentándose solos o en pares generalmente móviles debido a la presencia de flagelos peritricos, polares o subpolares (Jordan y Allen citados por Ferrera-Cerrato, 1978). Las bacterias -- presentan generalmente glóbulos de polihidroxitirato, no forman esporas. Produciendo en la mayoría de los casos una sustancia mucosa extracelular cuya composición varía se--

gún la cepa y utilizan algunos carbohidratos (Kleczkowska et al., citados por Ferrera-Cerrato, 1978). Tienen forma cilíndrica pero frecuentemente adoptan formas semejantes a las letras Y y T (Bear, 1963).

La separación en especies dentro del género está basada completamente, al menos en la actualidad, en la especificidad por el hospedero pues las bacterias están limitadas en los grupos de plantas que infectan. La característica en la cual está basada la clasificación es la capacidad de un cultivo de Rhizobium para invadir las raíces de un número restringido de especies de plantas, además de la leguminosa de la cual se obtuvo el microorganismo. A causa del limitado número de hospederos, se han establecido grupos llamados de inoculación cruzada (Hubbell et al., 1972). Un grupo de inoculación cruzada se refiere a un conjunto de especies leguminosas que desarrollan nódulos cuando se exponen a bacterias obtenidas de los nódulos de cualquier miembro de ese grupo particular de plantas. Consecuentemente, un grupo de inoculación cruzada incluye idealmente todas las especies de hospederos que son infectadas por una sola cepa bacteriana. Se han establecido más de 20 grupos de inoculación cruzada, y únicamente 6 se han delimitado lo suficiente para que la bacteria responsable logre la categoría de especie (Alexander, 1980).

Cuadro 1.- Clasificación de las asociaciones Rhizobium-leguminosas (Salisbury y Ross, 1978).

Especies de <u>Rhizobium</u> .	Grupo al que puede inocular.	Género Huésped	Leguminosas incluidas.
<u>R. meliloti</u>	Alfalfa	<u>Medicago</u>	Alfalfa
		<u>Melilotus</u>	Trébol dulce
		<u>Trigonella</u>	Fenogriego
<u>R. trifoli</u>	Trébol	<u>Trifolium</u>	Trébol
<u>R. leguminosarum</u>	Chicharo	<u>Pisum</u>	Chicharo
		<u>Vicia</u>	Algarroba
		<u>Lens</u>	Lenteja
<u>R. phaseoli</u>	Frijol	<u>Phaseolus</u>	Frijol
<u>R. lupini</u>	Altramuz	<u>Lupinus</u>	Altramuz
<u>R. japonicum</u>	Soya	<u>Glycine</u>	Soya

Se puede hacer una distribución entre los rhizobios que pueden tener un tiempo de generación de 2 a 4 horas y producir ácido en medios de cultivo, y aquellos de tiempo de generación de 6 a 8 horas y que crean condiciones alcalinas en cultivo. El primer grupo incluye R. leguminosarum, R. meliloti, R. phaseoli y R. trifoli y el último incluye R. japonicum y R. lupini (Alexander, 1980).

Las cantidades de nitrógeno fijado por el género



Rhizobium difieren con la cepa rhizobial, la planta huésped y las condiciones ambientales bajo las que ambas se desenvuelven (Tisdale y Nelson, 1980).

Cuadro 2.- Promedio de fijación de nitrógeno por algunas leguminosas (Hughes et al., 1981; Hubbell et al., 1972).

LEGUMINOSAS	NOMBRE CIENTIFICO	N.FIJADO (kg/ha al año)
Alfalfa	<u>Medicago sativa</u>	194
Chicharo	<u>Pisum sativum</u>	115
Trébol rojo	<u>Trifolium pratense</u>	114
Trébol blanco	<u>Trifolium repens</u>	103
Chicharo de vaca	<u>Vigna unguiculata</u>	90
Soya	<u>Glycine max</u>	58
Cacahuate	<u>Arachis hypogea</u>	42
Frijol	<u>Phaseolus vulgaris</u>	40
Haba	<u>Vicia faba</u>	25

Los cultivos fijadores de nitrógeno atmosférico más vigorosos son los de clima templado como la alfalfa y el trébol mientras que los cacahuates son menos efectivos (Hughes et al., 1981).

### 3.3. Excreción del nitrógeno.

Los beneficios que obtienen los pastos forraje--  
ros y los cereales que crecen junto con leguminosas en sue  
los pobres en nitrógeno, se debe a la excreción de este e-  
lemento por las raíces de las leguminosas (Teuscher y A---  
dler, 1981). Se han observado beneficios derivados del cul  
tivo mixto para el maíz que crece con soya o con chícharo  
de vaca, cereales con chícharos y pastos forrajeros con --  
trébol. La estimación es evidente en un estudio donde la -  
producción de grano de maíz fue de 3,080 Kg/ha cuando el -  
maíz fue intercalado con Phaseolus aureous y solamente de  
1,790 kg/ha cuando se plantó solo (Alexander, 1980). Se --  
liberan pequeñas cantidades de nitrógeno por las leguminos-  
sas y así, sólo una parte de este elemento puede ser pro-  
porcionado por este mecanismo (Worthen y Aldrich, 1980).

Una parte del nitrógeno asimilado por una planta  
no leguminosa que crece junto a una leguminosa puede sur-  
gir de la descomposición microbiológica de las raíces y --  
tejido nodular muerto de la leguminosa; otra parte de este  
elemento puede derivarse mediante la excreción activa de -  
aminoácidos u otros compuestos por parte de leguminosa ---  
(Alexander, 1980). Debido a que los fertilizantes nitroge-  
nados inhiben la nodulación, no conviene agregarlos a la -  
mezcla de leguminosa y gramíneas hasta que la población de  
la leguminosa sea tan escasa que no proporcione suficiente  
nitrógeno a las gramíneas (Worthen y Aldrich, 1980).

El nitrógeno fijado por los organismos nodulares sigue tres vías: 1) puede ser usado por la planta huésped, beneficiándose así por la simbiosis; 2) puede pasar al suelo, ya sea por excreción o por simple separación de las raíces y sobre todo por los nódulos. El cultivo asociado con la leguminosa puede así beneficiarse; 3) cuando una leguminosa es enterrada parte del nitrógeno resulta aprovechable para el cultivo siguiente (Buckman y Brandy, 1977).

#### 3.4. Factores que afectan la nodulación y actividad simbiótica.

Los principales factores que rigen la fijación son el tipo de leguminosa, la compatibilidad Rhizobium-hospedera, el contenido de nitrógeno inorgánico o mineralizable en el suelo, el pH, la disponibilidad de los nutrientes esenciales para las leguminosas, la población de microorganismos antagónicos en el suelo y la presencia de ciertos nutrientes secundarios en forma utilizable (Hughes et al., 1981). La nodulación tiene lugar en un amplio ámbito de temperaturas, pero la abundancia de los nódulos se reduce en los extremos más fríos y más calientes. También muchas cepas persisten bien en suelos secos (Alexander, 1980).

La duración del día e intensidad de la luz afecta el número de nódulos. La falta de luz también tiende a

disminuir el peso de los nódulos mientras que la intensidad de luz elevada, pero no excesiva y los altos niveles de  $\text{CO}_2$  aumentan el número de nódulos. Lo contrario sucede al adicionar nitrógeno. El peso de los nódulos y su número disminuyen a niveles de nitrato o amonio, relativamente altos, pero las bajas concentraciones de sales de nitrógeno inorgánicas aumentan la nodulación (Alexander, 1980).

La influencia en la duración del día, intensidad de luz y el suministro de  $\text{CO}_2$  provoca un incremento en el almacenamiento de los carbohidratos en la planta, favoreciendo la producción de nódulos, mientras que el nitrógeno retarda la nodulación (Alexander, 1980).

En muchas de las leguminosas de importancia la infección no ocurre por debajo de pH 5.0. Muy raramente el microsimbionte crecerá a pH 4.0 o menos. La inhibición de un suelo ácido no es sólo un efecto de la concentración del ion hidrógeno, sino también se debe a la toxicidad provocada por el aluminio o hierro (Hughes et al., 1981).

Las bacterias rizobiales pueden ser atacadas por organismos microscópicos que son predadores de estas bacterias, como lo son ciertos protozoarios. Las especies de Rhizobium también son susceptibles de ataque y lisis por bacteriófagos y a las toxinas formadas por otros organismos (Alexander, 1980).

El molibdeno tiene un efecto importante en la fijación de nitrógeno en las plantas leguminosas, ya que por cada parte de Mo se fijan 80,000 partes de nitrógeno atmosférico (Waksman, 1961). El Mo es necesario en las reacciones enzimáticas por las cuales el nitrógeno queda fijado. Se cree que casi toda la respuesta favorable de ciertas leguminosas a la cal se debe al aumento del aprovechamiento del Mo (Buckman y Brandy, 1977). Es por esto que Phaseolus vulgaris en suelos ácidos requiere cantidades específicas de Mo (Franco, 1976). El Mo actúa como catalizador para la actividad de Rhizobium (Waksman, 1961).

El papel que desarrolla el calcio en la formación de nódulos es muy importante. El calcio tiene un efecto en la leguminosa hospedera, no en la bacteria. Sin un adecuado suministro de calcio los nódulos no se formarán, en aquellos casos que se formen, la fijación será muy reducida. Las bacterias del género Rhizobium tienen un requerimiento de calcio el cual es aproximadamente de 1/8 del requerimiento de magnesio. Ocupan un máximo de 1 ppm (Norris, 1967).

El cobalto también estimula la fijación de nitrógeno atmosférico por las leguminosas noduladas. Es un componente de la vitamina B<sub>12</sub>. Las pequeñas cantidades satisfacen sus necesidades (Alexander, 1980; Hughes et al., 1981).

Dentro de otros nutrimentos minerales son indispensables para una eficiente fijación simbiótica en las -- leguminosas, algunos otros pueden ser tóxicos. Un elemento fundamental, exigido en altas proporciones, es el fósforo. Otro elemento necesario es el potasio. El magnesio se requiere en dosis elevadas, principalmente por las leguminosas tropicales (Cardoso, 1975). Boro es altamente esencial para el crecimiento de la bacteria, pero altas dosis pueden ser dañinas. Cobre es esencial para una variedad de -- procesos microbiales pero también altas dosis de este elemento pueden ser dañinas. Zinc forma constituyentes esenciales de ciertos sistemas de enzimas y vitaminas (Waksman, 1961). Otros elementos esenciales son azufre, hierro, vanadio y manganeso (Cardoso, 1975).

Materia orgánica de fácil descomposición incorporada al suelo puede tener un efecto prometedor sobre la -- nodulación y fijación del nitrógeno atmosférico. Este efecto es debido a un aumento de  $CO_2$  alrededor de las raíces. También parcialmente debido a su influencia reguladora sobre la temperatura del suelo (Cardoso, 1975).

### 3.5. Trabajos relacionados con la inoculación de Phaseolus vulgaris.

Graham et al., (1978) con el fin de encontrar una cepa capaz de ser eficiente en varias regiones, ensayaron

10 cepas altamente eficientes para evaluar la respuesta de estas en Phaseolus vulgaris en nueve localidades en siete países. En cada localidad se probaron las 10 cepas y dos - parcelas testigo, en una de las cuales se había aplicado - nitrógeno, mas en la otra no.

Los lugares en los que se establecieron los ensa- yos difieren apreciablemente en el clima, pH, materia orgá- nica en el suelo y disponibilidad de fósforo. Las varieda- des utilizadas y los sistemas de plantación elegidos fue- ron distintos. Por estas razones los rendimientos son muy variables. Se obtuvieron incrementos del 39 al 61% sobre - las plantas testigo sin nitrógeno, en cinco sitios, con -- las cepas CIAT 632 y 640, generalmente dentro de las más - efectivas. La cepa CIAT 57 considerada promedio, dio bajos rendimientos en localidades con altas temperaturas (Graham y Harris, 1982).

Sartain et al., citados por Graham y Harris ---- (1982), con el propósito de determinar la eficiencia de -- ciertas cepas y de comparar dos formas de inoculantes expe- rimentaron en 1979, en cuatro localidades de El Salvador - (Ahuachapan, Armería, Quezaltepeque, Turín) cuatro varieda- des de frijol (Rojo de seda, Nahizalco rojo, S-184N y Po- rriillo 70) con dos diferentes combinaciones de cepas de Rhi- zobium phaseoli, Nitragin D (127K59 y 127K81) y las cepas CIAT 57 y 75. Las combinaciones de las cepas se utilizaron

en preparación granular y en cápsulas. Una pizca de la preparación granular o tres cápsulas de inoculante se le añadió al ahujero de la semilla durante la siembra.

En Ahuachapan las dos variedades de frijol negro (S-184N y Porrillo 70) dieron buenos resultados, mientras que las variedades de semilla roja (Rojo de seda y Nahizalco rojo) dieron pobres rendimientos y no mostraron ninguna respuesta inclusive a la aplicación del fertilizante nitrogenado. La forma del inoculante (granular o cápsulas) no influyó significativamente en los rendimientos.

En Turín, la variedad Nahizalco rojo fue la más productiva. Ambas variedades de semilla roja inoculadas -- con Nitragin D produjeron tanto como la parcela a la que se le añadió fertilizante nitrogenado. En Quezaltepeque los rendimientos fueron bajos. Sin embargo, los rendimientos más altos fueron alcanzados por los tratamientos inoculados. En Armería el cultivo no fue cosechado debido al daño causado por los insectos.

Los parámetros indicaron que no existe una relación entre número de nódulos con el rendimiento en los ensayos realizados en Ahuachapan y Turín. En Quezaltepeque existió una pobre correlación entre número de nódulos y -- peso del nódulo, con el rendimiento,  $r=0.28$  y  $r=0.4$  respectivamente (Graham y Harris, 1982).



Keys et al., citados por Graham y Harris (1982), establecieron parcelas experimentales en diferentes localidades de Uganda, Tanzania y Kenya, durante 1979 y 1980, -- para determinar la respuesta de Phaseolus vulgaris a la -- inoculación. Se experimentaron con dos dosis de nitrógeno (20 y 80 kg/ha), dos inoculantes (Nitragin y otro formado con una cepa local) y un testigo absoluto. Unicamente se - obtuvo respuesta a la inoculación en 1979 en Ambu, Kenya y en 1980 en Kabete, Kenya con el inoculante Nitragin. En -- Embu hubo una alta respuesta a la aplicación de 80 kg/ha. Una menor respuesta se obtuvo en 1980 en las plantaciones de Kabete, pero no existió respuesta al nitrógeno aplicado en Morogoro, Tanzania y Makerere, Uganda. En Kabete se incluyeron dos cepas Niftal y cuatro cepas locales pero ninguna presentó una respuesta significativamente diferente a la presentada por la parcela testigo (Graham y Harris, --- 1982).

Duque et al., citados por Graham y Harris (1982), experimentaron en Río de Janeiro la influencia de 16 genotipos de Phaseolus vulgaris en ciertos parámetros de la -- fijación de nitrógeno, bajo condiciones de temporal como - de riego. Las semillas se inocularon con una mezcla de --- tres cepas de Rhizobium phaseoli. Se observó en todos los genotipos que la máxima fijación del nitrógeno atmosférico sucedió a los 44 días, una semana después de la presencia de la mayor cantidad de nódulos rosas. Siete días después

empezó una rápida descomposición de los nódulos y la actividad de la nitrogenasa se detuvo casi completamente. Esto sucedió bajo condiciones de riego como de temporal. También observaron que la actividad en la reducción del nitrato era muy baja durante una alta fijación del nitrógeno atmosférico, pero aumentaba conforme disminuía la fijación. Cada parámetro mostró bastante variabilidad entre los 16 genotipos. Existió una correlación pobre entre peso seco de nódulos con rendimiento. Concluyeron en base a los resultados que es la eficiencia con la que las plantas utilizan los carbohidratos acumulados y el nitrógeno, lo que determina los rendimientos de grano (Graham y Harris, 1982).

Rojas (1975) realizó un experimento en jarras de leonard como en macetas, cuyo objetivo fue observar la relación simbiótica entre Rhizobium phaseoli y Phaseolus vulgaris, al igual que estudiar la competencia entre cepas introducidas y las cepas nativas, utilizando tres variedades de frijol (Canario 101, Bayo 107, Jamapa), con cinco inoculantes (CIAT 57, 114, 350 y dos comerciales). En las jarras de leonard la mejor relación simbiótica en cuanto a peso y nitrógeno total de la planta para las variedades Jamapa y Canario se logró con el inoculante comercial "A". En cambio para la variedad Bayo se obtuvo con el inoculante CIAT 57. En las macetas la variedad Jamapa produjo mayor cantidad de materia seca con el inoculante comercial "A". En lo referente a nitrógeno total la mayor cantidad -

se logró con la cepa CIAT 114 y el mayor contenido de nitrógeno total se logró con el inoculante comercial "A". - La variedad Canario no respondió a la inoculación.

El inoculante comercial "A" formó gran cantidad de nódulos en las variedades Jamapa (98%) y Bayo (90%). La cepa CIAT 114 produjo un alto porcentaje de nódulos en la variedad Jampa (89%), mas no en la variedad Bayo (20%). La variedad Canario formó la mayoría de sus nódulos con las cepas nativas del suelo (Rojas, 1975).

Cuautle (1979) llevó a cabo en el Valle de México dos ensayos, bajo condiciones de riego como de temporal, con el fin de averiguar el efecto de algunos parámetros sobre el rendimiento de grano de frijol. Observó, en el experimento bajo condiciones de riego, una alta competencia de las cepas nativas con las inoculadas. Bajo las condiciones de temporal no observó alguna relación entre las cepas y el incremento de grano. La cantidad de nódulos efectivos, de nitrógeno total en nódulos y semillas fue menor que bajo condiciones de riego (Cuautle, 1979).

Aveldano y Ferrera-Cerrato (1981), citados por López Alcocer, llevaron a cabo un experimento en Chalco y Chapingo, Edo. de México, con el propósito de estudiar y relacionar el efecto de 8 cepas del Colegio de Postgraduados y una comercial, en cuatro variedades de frijol. Encon

traron respuesta favorable a la inoculación en dos variedades con dos cepas del Colegio de Postgraduados (López -- Alcocer, 1982).

Nathal (1981), citado por López Alcocer (1982), evaluó la acción de diez cepas de Rhizobium phaseoli en -- tres variedades de frijol, bajo condiciones de campo, en -- el estado de Nayarit. En las diferentes variedades estudiadas obtuvo incrementos en el rendimiento debido a la inoculación de hasta el 48.7%. También observó una alta relación entre contenido de nitrógeno y rendimiento de grano.

Fuentes (1981) trabajó en el objetivo de averiguar el comportamiento fisiológico de tres genotipos de -- Phaseolus vulgaris cuando estos se inoculan con distintas cepas de Rhizobium phaseoli. Observó que las tres variedades tuvieron respuesta a la inoculación en distintos grados, ya que esta difiere entre cepa y variedad. Sus resultados demostraron una alta correlación entre el número de inflorescencias con el número de nudos, peso seco de tallos con peso seco de pecíolos, y peso seco de lámina foliar, número de vainas normales con número de granos normales y no -- hubo correlación entre el número de nódulos con los componentes estudiados (Fuentes, 1981).

Mathieu (1982) evaluó la colonización y nodulación de plantas de frijol por mutantes de Rhizobium phaseo-

11. Observó una respuesta de las cepas introducidas a la rizosfera. Concluyó que una mayor colonización de la raíz por las bacterias rizobiales durante los primeros días de desarrollo de la planta conducen a una mayor nodulación.

López Alcocer (1982) llevó a cabo un experimento en la región Mixteca Poblana con cepas de Rhizobium phaseoli y Rhizobium japonicum en los cultivos de frijol y soya respectivamente, con el propósito de encontrar el tratamiento más rentable. Utilizó tres cepas de Rhizobium phaseoli y una mezcla entre estas para el cultivo de frijol. Igualmente se utilizaron tres cepas de Rhizobium japonicum y una entre estas para el cultivo de soya. En ambos cultivos se agregaron tratamientos en los que se aplicó fertilizante nitrogenado y/o fosfatado. En el cultivo de frijol se obtuvieron los mayores rendimientos con la mínima inversión con 60 kg de  $P_2O_5$  sin inoculación. En cuanto al cultivo de soya el tratamiento que representó las mayores utilidades con la mínima inversión fue el tratamiento inoculado con la cepa CP 36 sin fertilización.

García y Echegaray (1985) probaron seis cepas de Rhizobium phaseoli del Brasil en cuatro variedades de frijol bajo condiciones de invernadero. Encontraron solamente una asociación óptima entre una de las cepas con una variedad probada, otras tres cepas tuvieron una efectividad intermedia y las otras dos no mostraron poder de efectividad.

Durán (1985) realizó dos ensayos en la zona central del estado de Veracruz, con el propósito de encontrar respuestas positivas a la inoculación con cepas de Rhizobium phaseoli en distintas variedades de frijol. El primer ensayo consistió en probar nueve cepas en forma individual, y en el segundo ensayo se probaron dos mezclas; la mezcla "A" formada por cinco cepas y la mezcla "B" formada por -- cuatro cepas. Los resultados del primer ensayo revelaron -- la alta eficiencia de tres cepas al ser el rendimiento de estas estadísticamente igual al del testigo  $N+P_2O_5$ . En el segundo ensayo sobresalió como el mejor el testigo  $N+P_2O_5$  y no se encontró una respuesta de las variedades utilizadas a la inoculación igual de favorable al primer ensayo.

Khalil-Gardezi et al. (1985), realizaron una -- selección de genotipos de Phaseolus vulgaris de alta eficiencia en la fijación de nitrógeno asociado con Rhizobium phaseoli. Utilizaron 48 genotipos de frijol, dos cepas y -- dos dosis de nitrógeno (0 y 60 kg/ha). Encontraron sobresalientes en la fijación de nitrógeno dos variedades del -- hábito de crecimiento del tipo I, cinco del tipo II, cuatro del tipo IIIa, cuatro del tipo IIIb, tres del tipo IIIc y cinco del tipo IV. Los hábitos de crecimiento del tipo -- IIIa, IIIb, IIIc y IV respondieron favorablemente a la fertilización.

## IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Localización.- El experimento se realizó en la localidad del Tepame, municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco, en el Km. 127 de la carretera Lagos de Moreno-Guadalupe, a 8 Kms. de la ciudad de Tepatitlán. Esta población se encuentra comprendida entre las coordenadas  $20^{\circ}46'$  a  $20^{\circ}47'$  Latitud Norte y  $102^{\circ}45'$  a  $102^{\circ}46'$  Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, a 1,800 m sobre el nivel del mar (SPP, 1981).

4.2. Clima.- La precipitación anual oscila entre 800 y 1,000 mm. (SPP, 1981). El municipio presenta el tipo de clima  $(A)C(w_1)w$ , de acuerdo a la clasificación de Köppen - modificada por García, 1973. Siendo  $(A)C$ , los símbolos representativos del clima semicálido, con una temperatura media anual entre  $18$  y  $22^{\circ}C$ .  $C(w)$ , se refiere a que por lo menos es 10 veces mayor la cantidad de lluvia en el mes más húmedo (julio) que en el mes más seco (marzo).  $C(w)w$ , como lo anterior, siendo la cantidad de lluvia invernal menor del 5% anual.  $C(w_1)$ , significa que el cociente que resulta de dividir la precipitación total anual expresada en mm entre la temperatura media anual en grados centígrados es entre 43.2 y 55.0. Es decir, que se encuentra entre el más seco de los subhúmedos y el más húmedo de los subhúmedos. La Figura A1 del Apéndice indica que la época húmeda del año de 1984 inició en mayo y terminó en octubre.

La Figura A2 del Apéndice muestra que la precipitación total de 1984 sobrepasó la precipitación media de 34 años.

4.3. Suelos.- Los suelos de la región son en su mayoría de origen residual y aluvial. De acuerdo a la clasificación de suelos de la FAO/UNESCO, predomina el Luvisol férrico, el cual presenta manchas rojas de hierro en el subsuelo, es ácido, poco fértil, impermeables y con baja capacidad de retención de agua. Se encuentra en forma secundaria el Planosol mólico, cuya capa superficial es muy oscura, rica en materia orgánica. Con menos frecuencia se encuentra el Feozem lúvico, el cual tiene una capa superficial oscura, rica en materia orgánica y minerales, con acumulación de arcilla en el subsuelo, son suelos que toleran el exceso de agua ya que son muy permeables (SPP, 1981; Silva, 1981).

4.4. Análisis de laboratorio.- De la parcela experimental se obtuvieron cinco muestras de suelo, de 0 a 30 cms. de profundidad, mismas que al ser analizadas, arrojaron las siguientes características:



Cuadro 3.- Características físico-químicas de cinco muestras de suelo tomadas del lote experimental.

Muestra	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	pH	M.O (%)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aprovechable en kg/ha	K <sub>2</sub> O
1	24	20	56	5.1	3.4	85	46	990
2	24	26	50	5.3	3.7	93	74	990
3	24	26	50	5.2	3.6	90	119	1,591
4	24	26	50	5.7	3.4	85	102	1,894
5	24	26	50	4.9	3.3	81	36	1,445
Media	24	25	51	5.2	3.5	87	75	1,382

El cuadro anterior indica que el suelo del lote experimental es de textura arcillosa, fuertemente ácido, - con buena fertilidad, rico en materia orgánica de acuerdo a la clasificación propuesta por el Dr. Rodolfo Moreno -- Dahme.

4.5. Cepas.- Las cepas utilizadas con su respectivo origen se presenta en el cuadro 4.

Cuadro 4.- Cepas de Rhizobium phaseoli utilizadas así como su origen.

CEPA	ORIGEN	CEPA	ORIGEN
FM 19	Rhodesia	FM 176	Colombia
FM 138	Hidalgo, Mex.	FM 1-84	1 Guatemala y 1 México
FM 166	Honduras	Niftal	2 Hawaii y 1 Guatemala
FM 171	México	Nitragin	Comercial
FM 176	Colombia		

Todas las cepas, a excepción de la Nitragin, fueron proporcionadas por Fertilizantes Mexicanos, S.A. De -- estas últimas se desea averiguar la eficiencia de cada una bajo distintas condiciones de campo, para determinar su -- posible entrada al mercado

4.6. Variedad.- La variedad utilizada fue Bayo Zacatecas, ya que muestra adaptación a Los Altos de Jalisco. Es resistente a varias enfermedades como el tizón del halo, la antracnosis y la roya. Debido a sus características anteriores y a los altos rendimientos de grano logrados con esta variedad el INIA la recomienda para la región. Su origen es el Campo Agrícola Experimental de Zacatecas, donde se liberó en 1981.

La semilla es de color amarillo suave de forma -

prismática y grande. Su hábito de crecimiento es indeterminado, postrado y guía corta, tipo semiguía. Su ciclo vegetativo es de 88 días, las primeras flores aparecen a los 36 días y la floración dura 23 días. El color de la flor es blanco (Lépiz et al., 1984).

4.7. Desarrollo del experimento.- El terreno destinado para el experimento fue prestado por el Campo Agrícola Experimental Los Altos de Jalisco, localizado en Tepatitlán. - Del cual se tomaron las recomendaciones de siembra del cultivo de frijol para la región. El terreno es propiedad del agricultor cooperante Isidro Aceves, quien cultivó frijol el ciclo anterior.

El diseño experimental elegido fue bloques al azar, con cuatro repeticiones y doce tratamientos. El tamaño de la unidad experimental fue de cinco surcos de cinco metros de largo cada uno. La parcela útil, de cada unidad experimental, consistió de los tres surcos centrales. Entre las unidades experimentales en bloques se dejó un surco sin sembrar y entre repeticiones dos metros de separación con el fin de facilitar el manejo. El área total de la parcela fue de  $1,329.12 \text{ m}^2$ .

Se utilizó la dosis de inoculante de 0.5 kg/ha. La dosis de fertilización recomendada para frijol en la región es 30-30-00, por lo que se mantuvo constante la do-

sis de fósforo para probar la eficiencia de las cepas de -  
Rhizobium phaseoli en la fijación de nitrógeno.

Los tratamientos fueron los siguientes:

TRATAMIENTOS

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| 1.- FM 19 + 00-30-00  | 7.- FM 1-84 + 00-30-00  |
| 2.- FM 138 + 00-30-00 | 8.- Niftal + 00-30-00   |
| 3.- FM 166 + 00-30-00 | 9.- Nitragin + 00-30-00 |
| 4.- FM 171 + 00-30-00 | 10.- 30-30-00           |
| 5.- FM 175 + 00-30-00 | 11.- 00-30-00           |
| 6.- FM 176 + 00-30-00 | 12.- 00-00-00           |

El efecto de la inoculación o del fertilizante -  
se evaluó por medio de los siguientes parámetros:

- A) Número de nódulos por planta (cinco plantas por unidad experimental).
- B) Peso seco de los nódulos.
- C) Peso seco de la parte aérea de la planta.
- D) Nitrógeno total en el follaje de la planta.
- E) Rendimiento de grano al 14% de humedad.

Las determinaciones A, B, C y D se realizaron a  
los 30 y 48 días de establecido el experimento.

La cuantificación de los parámetros se hizo de -  
la siguiente manera. Para obtener el número de nódulos por  
planta se procedió a extraer la planta con cuidado espe---

cial para evitar lastimar la raíz, posteriormente esta se sumergió en agua para eliminar la tierra. La raíz se dividió en tres zonas. La zona A correspondió a los primeros 3.5 cm de la raíz. La zona B correspondió a los próximos 3.5 cm y la zona C formada por el resto de la raíz. Durante la obtención de este dato se clasificaron los nódulos en dos tipos: 1) nódulos grandes (con un diámetro igual o mayor a 0.5 cm) y 2) nódulos chicos (con un diámetro menor a 0.5 cm).

Para la obtención del peso seco de los nódulos, estos se secaron a la intemperie durante una semana como mínimo y posteriormente se mantuvieron en horno a 50°C hasta lograr el peso constante para determinar así dicho parámetro.

La determinación del peso seco de la parte aérea se hizo en forma similar a la determinación anterior. Todas las plantas fueron cortadas al nivel de los cotiledones para luego secarlas a la intemperie durante una semana. Posteriormente se secaron en el horno a 100-105°C hasta peso constante (1 hora aproximadamente), para luego ser pesadas en balanza analítica.

La determinación del nitrógeno total se hizo mediante el método Kjeldahl modificado. Este se basa en la digestión del material orgánico con  $H_2SO_4$  concentrado para

obtener el  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ; posteriormente este compuesto se hace reaccionar con NaOH para desprender el nitrógeno en forma de  $\text{NH}_3$  el cual, es recibido en ácido bórico que le cede un protón formándose el  $\text{NH}_4$  y el  $\text{BO}_2$  el cual es valorado con HCl (Sosa, 1976).

El rendimiento experimental de grano se obtuvo mediante la recolección de grano de las plantas de la parcela útil de cada unidad experimental. Se contó el número de plantas para luego hacer una corrección de fallas de matas mediante el empleo de la fórmula de Iowa para estos casos. Esta fórmula es:

$$\text{Peso del campo corregido} = \text{peso al cosechar} \times \frac{H - 0.3M}{H - M}$$

M = número de plantas perdidas.

H = número de plantas que debería tener la unidad experimental si no hubieran fallas.

0.3 = coeficiente para corregir la falta de competencia en las plantas existentes al tiempo de la cosecha (Reyes, 1981).

El grano se secó a la intemperie durante 20 días y se pesó con un contenido de humedad del 14%. A continuación el rendimiento experimental de grano al 14% de humedad, corregido por fallas de matas se denominará simplemente rendimiento.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Del rendimiento de cada tratamiento se realizó un análisis económico. Primeramente se calcularon los costos variables de los insumos utilizados (inoculante y fertilizantes) y el precio de garantía del frijol se determinó a los precios vigentes de entonces. No se incluyó en esta determinación el interés, seguro, acarreo, aplicación, etc. Posteriormente se calculó el valor de la producción mediante la obtención del producto entre el rendimiento por ha y el precio de garantía del frijol; no se redujeron los costos de cosecha para obtener el precio real de un kilogramo de frijol. El ingreso neto más costos fijos se determinó restando los costos variables al valor de la producción. Mediante la substracción del ingreso neto más costos fijos del testigo a los demás tratamientos se obtuvo el incremento del ingreso neto más costos fijos sobre el testigo. Este último dato entre los costos variables dio la tasa de retorno a capital variable por tratamiento.

4.8. Manejo del cultivo.- La distancia entre surcos fue de 72 cm. La siembra se efectuó el 28 de junio, ya entrado el temporal, a chorillo para asegurar una población de plantas similar a la comercial, la cual es de 172,500 plantas por hectárea. Para obtener un mayor número de bacterias por semilla fue agregado un adherente a base de goma arábiga. Posteriormente se realizó la inoculación bajo sombra. La semilla se colocó en el fondo del surco, ya que debido a la ligera pendiente del terreno no hubo encharcamientos.

El aclareo se efectuó el 18 de julio dejando una distancia entre plantas de 8 cm. Se realizaron dos deshierbes durante el 5 y 18 del mismo mes en forma manual; tres escardas en las fechas 27 de junio, 13 de agosto y 21 de septiembre, cuatro aplicaciones del insecticida no sistémico Paratión Metílico, a 20 ppm en el equivalente de 320 lt de agua/ha con bomba aspersora manual durante las fechas 20 y 28 de julio, 7 y 13 de agosto. El primer muestreo se llevó a cabo el 28 de julio, tomando de uno de los surcos laterales cinco plantas adyacentes al azar por unidad experimental, a no menos de 50 cm de la orilla. El 13 de agosto se efectuó el segundo muestreo en forma similar al anterior. La cosecha se realizó el 12 de octubre.

4.9. Observaciones.- Los primeros nódulos se detectaron el 12 de julio, a los 14 días después de la siembra. Para el 18 del mismo mes la población de insectos dañinos era considerablemente alta, sobre todo de la conchuela del frijol (Epilachna varivestis). Se observó que el desarrollo del tratamiento 30-30-00 era notablemente superior sobre los demás tratamientos, debido a una temprana disposición de nitrógeno. Sin embargo, diez días después el mismo tratamiento ya no mostraba tanta superioridad sobre los demás, y se observó también, un ligero ataque del hongo causante de la "mancha redonda" (Chaetoseptoria wellmani Stev.) a las hojas inferiores. El 13 de agosto la mayoría de las plantas se encontraban en floración. El desarrollo supe---



rior del tratamiento 30-30-00 era poco apreciable. Existió muy poca propagación de la mancha redonda en las hojas superiores. Las primeras vainas se presentaron el 29 de agosto. El 21 de septiembre se notó un fuerte ataque de la mancha redonda en la totalidad del follaje de algunas plantas. Se observó un considerable porcentaje de plantas con el follaje completamente seco por el ataque de la mancha redonda, al igual que un leve ataque de antracnosis en un pequeño porcentaje de vainas.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

En esta sección se presentarán y analizarán los resultados obtenidos de cada uno de los parámetros cuantificados y los muestreos respectivos.

### 5.1. Análisis de varianza y comparación de medias de los tratamientos.

#### 5.1.1. Número de nódulos.

Primer muestreo.- El número de nódulos registrados en el primer muestreo por parcela se presenta en el Cuadro A1 -- del Apéndice. Al hacer el análisis de varianza, Cuadro 5, se encontró efecto altamente significativo al 0.01 de probabilidad de cometer error del tipo I para bloques y tratamientos. Lo cual nos indica que fue diferente el número de nódulos para repeticiones y entre tratamientos.

Cuadro 5.- Análisis de varianza de la variable número de nódulos del primer muestreo, realizado a los 30 días de establecido el experimento.

F.V	G.L	S.C	C.M	F <sub>c</sub>	F TABLAS	
					0.05	0.01
Bloques	3	52,165.2	17,388.4	4.7**	2.89	4.45
Tratamientos	11	128,614.2	11,692.2	3.1**	2.09	2.85
Error Experimental	33	121,144.3	3,671.0			
Total	47	301,923.7				

Coefficiente de variación = 26.05%

Siendo: F.V, factor de variación; G.L, grados de libertad; C.M, cuadrado medio; Fc, valor calculado; \*, valor significativo al 0.05; \*\*, valor altamente significativo al 0.01; F 0.05, límite de significancia con error al 5%; F 0.01, límite de significancia con error al 1%.

En el Cuadro 6 se presentan los valores de número de nódulos del primer muestreo, así como la comparación de medias utilizando la prueba de Duncan al 0.05. De acuerdo con esta comparación, se forman tres grupos. El primer grupo de mayor número de nódulos, incluye 10 tratamientos donde están incluidos los testigos 00-30-00 y 00-00-00 sin inoculante, localizados en primer y tercer lugar, respectivamente. Algunas de las cepas de Rhizobium que ocuparon la parte alta de este grupo son FM 1-84, Nitragin y FM 166.

Cuadro 6.- Número de nódulos promedio y comparación de medias de los tratamientos del primer muestreo, - realizado a los 30 días de establecido el experimento.

TRATAMIENTOS	NUMERO DE NODULOS	DUNCAN 0.05
00-30-00	318.75	
FM 1-84 + P	278.25	
00-00-00	263.50	
Nitragin + P	260.00	
FM 166 + P	256.00	
FM 176 + P	244.00	
FM 175 + P	242.75	
FM 19 + P	219.75	
FM 138 + P	219.50	
Niftal + P	219.50	
FM 171 + P	148.75	
30-00-00	120.25	

Segundo muestreo.- El número de nódulos obtenido por parcela en el segundo muestreo se presentan en el Cuadro A2 del Apéndice. El análisis de varianza de la variable número de nódulos en el segundo muestreo se presenta en el Cuadro 7, el que se aprecia efecto altamente significativo entre bloques, lo que indica que fue diferente el número de nódulos entre bloques. Sin embargo, los tratamientos son estadía--

ticamente iguales, al no tener efecto significativo para -  
estos.

Cuadro 7.- Análisis de varianza de la variable número de -  
nódulos obtenidos en el segundo muestreo reali-  
zado, a los 48 días de establecido el experimen-  
to.

F.V	G.L	S.C	C.M	F <sub>c</sub>	F TABLAS	
					0.05	0.01
Bloques	3	229,159.5	76,386.5	7.4**	2.89	4.45
Tratamientos	11	104,937.0	9,539.7	0.88	2.09	2.85
Error Exptal.	33	357,841.5	10,843.6			
Total	47	691,938.0				

\*\* Altamente significativo al 0.01.

C.V. = 60.64%

El coeficiente de variación resultó ser bastante  
alto, por lo que los datos no son confiables.

De acuerdo al Cuadro 8, no existe diferencia sig-  
nificativa entre ninguno de los tratamientos. Es decir los  
tratamientos perdieron su efecto sobre este parámetro du-  
rante la etapa de floración. Las cepas con mayor número de  
nódulos son FM 176, FM 171 y FM 19. Es apreciable la dife-

rencia en el número de nódulos del tratamiento FM 176 + P (246.5) contra los del testigo 00-00-00 (93).

Cuadro 8.- Número de nódulos promedio por tratamiento y -- comparación de medias de los tratamientos del -- segundo muestreo realizado, a los 48 días de -- establecido el experimento.

TRATAMIENTOS	NUMERO DE NODULOS	DUNCAN 0.05
FM 176 + P	246.50	
FM 171 + P	232.75	
FM 19 + P	222.00	
FM 138 + P	204.50	
FM 1-84 + P	192.00	
FM 175 + P	174.00	
00-30-00	156.00	
Niftal + P	155.75	
30-30-00	143.25	
FM 166 + P	128.00	
Nitragin + P	112.75	
00-00-00	93.00	

De acuerdo con lo anterior, se deduce claramente que las cepas nativas muestran una alta infectividad, ya -- que registraron un alto número de nódulos en los tratamien -- tos no inoculados y sin adición de nitrógeno, a los 30 ---

días de establecido el experimento. Este resultado se ha encontrado por otros investigadores (Cuautle 1979, Fuentes 1981, Mejía 1983) y en este caso el alto número de nódulos se vio favorecido por el buen número de bacterias -- nativas en el suelo, ya que el año anterior también se sembró frijol en el lote experimental.

El número de nódulos fue afectado significativamente por el efecto inhibitorio del nitrógeno mineral. Lo que concuerda con lo obtenido por Alcántar (1978), Cuautle (1979) y Mejía (1983). Alexander afirma al respecto que -- "el peso de los nódulos y su número disminuyen a niveles de nitrato o amonio, relativamente altos...". Sin embargo, Chonay (1981) no encontró un efecto significativo de la -- inoculación con Rhizobium phaseoli, fertilización foliar de nitrógeno y de la fertilización nitrogenada aplicada al suelo, sobre el número de nódulos por planta.

Por otra parte, durante el primer muestreo el -- 92.25% de los nódulos grandes se encontraron en la zona A, es decir en los primeros 3.5 cms de la raíz. El 7.5% en la zona B, en los próximos 3.5 cms, y el 0.6% en la zona C, -- formada por el resto de la raíz. Durante la floración el -- 91.38% se encontraron en la zona A, el 8.62% en la zona B y el 0% en la zona C. El número total de nódulos disminuyó en el segundo muestreo ya que muchos habían perdido su via bilidad y otros estaban en parcial estado de descomposi---

ción. Duque et al., citados por Graham y Harris (1982), -- señalan que a los 51 días de edad de la planta "inicia una rápida descomposición de los nódulos...". El segundo muestreo no indica una diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto al número de nódulos, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Cuautle (1979), quien no -- encontró una diferencia estadística en el número de nódulos entre sus diversos tratamientos durante el 50% de floración. También, la mayor variabilidad de los datos, no -- permitió detectar dichas diferencias.

#### 5.1.2. Peso seco de nódulos.

Primer muestreo.- El peso seco de los nódulos obtenido por parcela se registra en el Cuadro A3 del Apéndice. En el -- Cuadro 9 se presenta el análisis de varianza de la variable peso seco de nódulos, en el que se aprecia que hubo -- efecto altamente significativo entre tratamientos, mas no entre bloques.



Cuadro 9.- Análisis de varianza de la variable peso seco - de nódulos del primer muestreo, realizado a los 30 días de establecido el experimento.

F.V	G.L	S.C	C.M	F <sub>c</sub>	F TABLAS	
					0.05	0.01
Bloques	3	0.0044	0.0015	0.2830	2.89	4.45
Tratamientos	11	0.2099	0.0191	3.6038**	2.09	2.85
Error Exptal.	33	0.1746	0.0053			
Total	47	0.3889				

\*\* Altamente significativo al 0.01

C.V = 29.05%

De acuerdo con la comparación de medias del peso seco de nódulos de cada tratamiento, Cuadro 10, se forman tres grupos. El primer grupo de mayor peso seco de nódulos, consiste de 10 tratamientos donde están incluidos los testigos 00-00-00 y 00-30-00 sin inoculante, localizados en primer y quinto lugar, respectivamente. Algunas de las cepas de Rhizobium que ocuparon la parte alta de este grupo son FM 19, Nitragin y FM 1-84.

Cuadro 10.- Peso seco de los nódulos promedio y comparación de medias de los tratamientos del primer muestreo, realizado a los 30 días de establecido el experimento.

TRATAMIENTOS	PESO SECO DE NODULOS (g)	DUNCAN 0.05
00-00-00	0.3310	
FM 19 + P	0.3168	
Nitragin + P	0.3027	
FM 1-84 + P	0.2869	
00-30-00	0.2843	
FM 176 + P	0.2722	
FM 175 + P	0.2510	
FM 166 + P	0.2414	
Niftal + P	0.2408	
FM 138 + P	0.2352	
FM 171 + P	0.1519	
30-30-00	0.0909	

Segundo muestreo.- El peso seco de los nódulos obtenido -- por parcela en el segundo muestreo se presenta en el Cuadro A4 del Apéndice. Al hacer el análisis de varianza, Cuadro 11, se encontró que existe una diferencia altamente -- significativa entre bloques, sin embargo los tratamientos resultaron ser estadísticamente iguales.

Cuadro 11.- Análisis de varianza de la variable peso seco de nódulos del segundo muestreo, realizado a los 48 días de establecido el experimento.

F.V	G.L	S.C	C.M	F <sub>c</sub>	F TABLAS	
					0.05	0.01
Bloques	3	0.9027	0.3009	6.36**	2.89	4.45
Tratamientos	11	0.9287	0.0844	1.78	2.09	2.85
Error Exptal.	33	1.5597	0.0473			
Total	47	3.3911				

\*\* Altamente significativo al 0.01.

C.V = 56.74%

El coeficiente de variación resultó ser bastante alto, por lo que los datos no son confiables.

El Cuadro 12 indica que no existe diferencia significativa entre los doce tratamientos, debido a la alta variabilidad de los datos que no permiten detectar dicha diferencia, ya que esta es apreciable entre el tratamiento FM 176 + P con un peso seco de nódulos de 0.7g contra el testigo 00-00-00 de tan sólo 0.18g. A diferencia del primer muestreo, los testigos 00-30-00 y 00-00-00 ocupan la parte inferior de la tabla, específicamente el doceavo y -

décimoquinto lugar, respectivamente. Algunas de las cepas de Rhizobium que se encuentran ocupando la parte alta de la tabla son FM 176, FM 19, FM 1-84 y Nitragin.

Cuadro 12.- Peso seco de nódulos promedio y comparación de medias de los tratamientos del segundo mes---  
treo, realizado a los 48 días de establecido -  
el experimento.

TRATAMIENTOS	PESO SECO DE NODULOS (g)	DUNCAN 0.05
FM 176 + P	0.7005	
FM 19 + P	0.4840	
FM 1-84 + P	0.4804	
Nitragin + P	0.4799	
Niftal + P	0.4220	
FM 138 + P	0.3892	
FM 171 + P	0.3746	
FM 175 + P	0.3230	
00-30-00	0.3227	
30-30-00	0.2297	
FM 166 + P	0.2110	
00-00-00	0.1830	

De acuerdo a lo anterior se deduce que el alto peso seco de los nódulos de los testigos 00-00-00, encontrado a los 30 días de establecido el experimento, se debe a la alta infectividad de la cepa nativa, ya que como se mencionó anteriormente, existió un alto número de cepas nativas en el suelo debido a que el año anterior se sembró frijol en el lote experimental. De igual manera las cepas Nitragin y FM 1-84 poseen un alto peso seco de nódulos, debido a que formaron un gran número de nódulos hasta el primer muestreo. Al igual que el número de nódulos, el peso seco de estos fue afectado por el efecto inhibitorio del nitrógeno químico, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Alcántar (1978), Cuautle (1979) y Mejía (1983). Al respecto Alexander (1980) menciona lo siguiente: "el peso de los nódulos y su número disminuyen a niveles de nitrato o amonio relativamente altos...". Sin embargo Chonay (1981) no encontró diferencia entre los tratamientos inoculados y aquellos fertilizados con nitrógeno químico.

Según revela el segundo muestreo, no existe una diferencia significativa entre los tratamientos, lo que indica que estos pierden su efecto sobre el peso seco de los nódulos durante la floración. Cuautle (1979) no encontró una diferencia estadística en el peso seco de los nódulos entre sus tratamientos al 50% de floración. Lo que se debe a la rápida descomposición de nódulos durante la floración.

a la que se refiere Duque et al., citados por Graham y Harris (1982). Existió diferencia altamente significativa entre bloques, ya que pudo haberse hecho presente el efecto del contenido de nitrógeno en el suelo, o la concentración de las cepas nativas en el terreno sobre los bloques.

### 5.1.3. Peso seco de la parte aérea de la planta.

Primer muestreo.- El peso seco de la parte aérea de la planta registrado en el primer muestreo por parcela se presenta en el Cuadro A5 del Apéndice. El resultado del análisis de varianza de la variable peso seco de la parte aérea de la planta se presenta en el Cuadro 13, donde se aprecia que no hubo efecto significativo al 0.05 de probabilidad de cometer error Tipo I para tratamientos ni bloques.

Cuadro 13.- Análisis de varianza de la variable peso seco de la parte aérea de la planta del primer muestreo, realizado a los 30 días de establecido el experimento.

F.V	G.L	S.C	C.M	F <sub>c</sub>	F TABLAS	
					0.05	0.01
Bloques	3	21.82	7.2733	1.55	2.89	4.45
Tratamientos	11	97.41	8.8551	1.88	2.09	2.85
Error Exptal.	33	155.04	4.6983			
Total	47	274.27				

C.V = 29.77%

En el cuadro 14 se presentan los valores del peso seco de la parte aérea de la planta del primer muestreo, al igual que la comparación de medias. De acuerdo a esta, los doce tratamientos son estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad. El tratamiento con más alto valor en la tabla fue el testigo 30-30-00. El 00-30-00 y el testigo absoluto tuvieron un buen desempeño en la producción de follaje, ya que se encuentran localizados en el segundo y sexto lugar respectivamente. Algunas de las cepas de Rhizobium con valores más altos son las siguientes: FM 19, Niftal y Nitragin.

Cuadro 14.- Peso seco promedio de la parte aérea de la ---  
 planta y comparación de medias de los trata---  
 mientos del primer muestreo, realizado a los --  
 30 días de establecido el experimento.

TRATAMIENTOS	PESO SECO DE LA PARTE AEREA (g)	DUNCAN 0.05
30-30-00	10.08	
00-30-00	9.32	
FM 19 + P	8.77	
Niftal + P	7.65	
Nitragin + P	7.54	
00-00-00	7.41	
FM 166 + P	7.16	
FM 176 + P	6.11	
FM 175 + P	6.01	
FM 1-84 + P	5.96	
FM 171 + P	5.84	
FM 138 + P	5.51	

Segundo muestreo.- El peso seco de la parte aérea de la --  
 planta registrado en el segundo muestreo por parcela se --  
 presenta en el Cuadro A6 del Apéndice. El resultado del --  
 análisis de varianza se presenta en el Cuadro 15, en el --  
 cual se aprecia que no hubo diferencia significativa entre



bloques ni entre tratamientos al 0.05 de cometer error Tipo I.

Cuadro 15.- Análisis de varianza de la variable peso seco de la parte aérea de la planta del segundo --- muestreo, realizado a los 48 días de establecido el experimento.

F.V	G.L	S.C	C.M	F <sub>c</sub>	F TABLAS	
					0.05	0.01
Bloques	3	330.35	110.12	0.6441	2.89	4.45
Tratamientos	11	1,315.03	119.55	0.6992	2.09	2.85
Error Exptal.	33	5,641.98	170.97			
Total	47	7,287.36				

C.V = 38.59%

El coeficiente de variación resultó ser alto, -- por lo que los datos no pueden considerarse confiables.

De acuerdo con la comparación de medias del peso seco de la parte aérea de la planta, Cuadro 16, los tratamientos probados son estadísticamente iguales, debido a la alta variabilidad de los datos que no permiten detectar -- alguna diferencia. Nuevamente el tratamiento 30-30-00 sobresale, debido a que logró el segundo lugar en la tabla.

Algunas de las cepas de Rhizobium que ocuparon la parte -- alta del cuadro son las siguientes: Nitragin, FM 1-84 y FM 138.

Cuadro 16.- Peso seco promedio de la parte aérea de la --- planta y comparación de medias de los trata--- mientos del segundo muestreo, realizado a los 48 días de establecido el experimento.

TRATAMIENTOS	PESO SECO DE LA PARTE AEREA (g)	DUNCAN 0.05
Nitragin + P	45.11	
30-30-00	41.38	
FM 1-84 + P	37.77	
FM 138 + P	36.56	
FM 176 + P	35.20	
00-30-00	32.63	
FM 175 + P	31.66	
00-00-00	30.92	
FM 19 + P	29.99	
FM 171 + P	29.86	
FM 166 + P	27.87	
Niftal + P	27.58	

No existió diferencia significativa al 0.05 en--

tre los doce tratamientos en ninguno de los muestreos realizados, lo que indica que el parámetro estudiado no fue afectado por los tratamientos probados. Debido, seguramente, al alto contenido de nitrógeno aprovechable en el suelo, lo cual uniformó los tratamientos, perdiendo estos su efecto sobre el peso seco de la parte aérea de la planta. Cuautle (1979) analizando el peso seco de la parte aérea de la planta durante la floración, tampoco encontró diferencia significativa entre sus tratamientos.

#### 5.1.4. Nitrógeno total en el follaje.

Primer muestreo.- Las cantidades de nitrógeno total obtenidas en el primer muestreo realizado a los 30 días, se presentan en el Cuadro A7 del Apéndice. El análisis de varianza de este parámetro, Cuadro 17, no indica diferencia estadísticamente significativa entre bloques, ni entre tratamientos.

Cuadro 17.- Análisis de varianza de la variable contenido de nitrógeno total en el follaje del primer -- muestreo, realizado a los 30 días de estableci do el experimento.

F.V	G.L	S.C.	C.M	Fc	F TABLAS	
					0.05	0.01
Bloques	3	0.0320	0.0107	1.51	2.89	4.45
Tratamientos	11	0.1202	0.0109	1.53	2.09	2.85
Error Exptal.	33	0.2340	0.0071			
Total	47	0.3862				

C.V = 2.68%

De acuerdo con la comparación de medias del nitrógeno total en el follaje, Cuadro 18, los tratamientos probados -- son estadísticamente iguales, tal como lo indicó la prueba F en el análisis de varianza. Nuevamente, los testigos --- 30-30-00 y 00-30-00 se situaron en la parte alta de la tabla, sobre la mayoría de las cepas probadas, ya que fueron el primero y segundo de la tabla. Algunas de las cepas de Rhizobium que ocuparon la parte alta del cuadro son FM 19, Niftal y Nitragin.

Cuadro 18.- Contenido promedio de nitrógeno total en el follaje y comparación de medias de los tratamientos del primer muestreo, realizado a los 30 días de establecido el experimento.

TRATAMIENTOS	NITROGENO TOTAL EN EL FOLLAJE (g)	DUNCAN 0.05
30-30-00	0.35	
00-30-00	0.35	
FM 19 + P	0.31	
Nifat1 + P	0.27	
00-00-00	0.26	
Nitragin + P	0.26	
FM 166 + P	0.26	
FM 176 + P	0.23	
FM 171 + P	0.22	
FM 175 + P	0.22	
FM 1-84 + P	0.21	
FM 138 + P	0.19	

Segundo muestreo.- Las cantidades obtenidas de nitrógeno total del follaje en el segundo muestreo por parcela se presentan en el Cuadro A8 del Apéndice. El resultado del análisis de varianza de la variable contenido de nitrógeno total en el follaje se presenta en el Cuadro 19, y se apre

cia en el mismo que no hubo diferencia significativa al --  
0.05, entre bloques al igual que entre tratamientos.

Cuadro 19.- Análisis de varianza de la variable contenido  
de nitrógeno total en el follaje del segundo -  
muestreo, realizado a los 48 días de estable--  
cido el experimento.

F.V	G.L	S.C	C.M	F <sub>c</sub>	F TABLAS	
					0.05	0.01
Bloques	3	0.2428	0.0809	0.42	2.89	4.45
Tratamientos	11	1.4075	0.1279	0.66	2.09	2.85
Error Exptal.	33	6.3452	0.1923			
Total	47	7.9955				

C.V - 43.29%

El coeficiente de variación resultó ser alto, --  
por lo que los datos no pueden considerarse confiables.

En el Cuadro 20 se presentan los valores del ni-  
trógeno total en el follaje del segundo muestreo, así como  
la comparación de medias utilizando la prueba de Duncan al  
0.05. De acuerdo con esta comparación, los tratamientos --  
probados son estadísticamente iguales.

Cuadro 20.- Contenido promedio de nitrógeno total en el --  
follaje y comparación de medias de los trata---  
mientos del segundo muestreo, realizado a los  
48 días de establecido el experimento.

TRATAMIENTOS	NITROGENO TOTAL EN EL FOLLAJE (g)	DUNCAN 0.05
Nitragin + P	1.39	
FM 138 + P	1.24	
30-30-00	1.12	
FM 176 + P	1.10	
FM 1-84 + P	1.04	
00-00-00	0.96	
00-30-00	0.95	
FM 175 + P	0.95	
FM 19 + P	0.90	
FM 166 + P	0.85	
Niftal + P	0.84	
FM 171 + P	0.77	

De los cuadros 18 y 20 se deduce que los trata--  
mientos probados no tuvieron ningún efecto sobre el nitró--  
geno total en el follaje. Debido, seguramente, al alto con--  
tenido de nitrógeno aprovechable en el suelo, lo que uni--  
formó los tratamientos.

La cantidad de nitrógeno total disminuyó en relación al primer muestreo, debido al incremento del número de nódulos en proceso de descomposición. Duque et al., citados por Graham y Harris (1982), mencionan que al iniciarse la descomposición de los nódulos, la actividad de la nitrógenasa se detiene casi completamente, y a esto se debe la poca fijación de nitrógeno atmosférico en plantaciones de Phaseolus vulgaris.

#### 5.1.5. Rendimiento de grano.

El rendimiento obtenido por tratamiento se presenta en el Cuadro A9 del Apéndice. El análisis de varianza de este parámetro, Cuadro 21, indica que no existe diferencia estadísticamente significativa entre bloques, ni entre tratamientos.

Cuadro 21.- Análisis de varianza de la variable rendimiento de grano.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	F TABLAS	
					0.05	0.01
Bloques	3	0.309	0.103	0.986	2.89	0.01
Tratamientos	11	1.078	0.098	0.938	2.09	2.85
Error Exptal.	33	3.449	0.104			
Total	47	4.836				

C.V = 26.74%



# ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

59

El coeficiente de variación resultó ser un poco alto, por lo que los datos pueden considerarse poco confiables.

Cuadro 22.- Rendimiento promedio de grano y comparación de medias de los tratamientos.

RENDIMIENTO DE GRANO			DUNCAN 0.05
TRATAMIENTOS		(kg/ha)	
FM 138	+ P	1,339	
FM 171	+ P	1,302	
FM 1-84	+ P	1,278	
30-30-00		1,235	
Nitragin	+ P	1,139	
Niftal	+ P	1,112	
FM 19	+ P	1,074	
FM 175	+ P	1,064	
FM 176	+ P	1,045	
00-30-00		968	
00-00-00		923	
FM 166	+ P	922	

De acuerdo al valor F calculado, Cuadro 21, la varianza asociada con los bloques y tratamientos resultó ser no significativa al 0.05. Lo que se debe seguramente,

al alto contenido de nitrógeno aprovechable en el suelo, - uniformando así los tratamientos, aunado a un bajo pH que dificulta la fijación de nitrógeno (Alexander, 1980). Lo - cual produjo poca o ninguna diferencia estadística entre - los tratamientos en cada parámetro estudiado, resultando - así en rendimientos estadísticamente iguales.

## 5.2. Análisis de correlación.

Se decidió que el tratamiento 30-30-00 se exclu- yera de las correlaciones, ya que según Alcántar (1978), - Cuautle (1979), Alexander (1980), Fuentes (1981) y Mejía - (1983) el nitrógeno químico tiene un efecto inhibitorio -- sobre la nodulación. Teniendo este tipo de análisis como - fin mostrar la influencia de los nódulos sobre los demás - parámetros, no se justifica la participación de este trata- miento en ninguna correlación.

Los resultados de los parámetros correlacionados concordaron en ambos muestreos en todos los casos. Corre- lacionando peso seco de los nódulos con el peso seco de la parte aérea se obtuvo un valor en el primer y segundo mues- treo de  $r$  igual a 0.52 y 0.43 respectivamente. Por lo tan- to no existe una correlación significativa entre ambos pa- rámetros. Sin embargo, Cuautle (1979), encontró una peque- ña relación entre estos parámetros.

La correlación efectuada entre peso seco de los nódulos con nitrógeno total dio un valor de  $r$  igual a 0.35 y 0.37, para el primer y segundo muestreo respectivamente. Lo que indica que no existe relación entre estos factores, lo que concuerda con lo obtenido por Cuautle (1979).

Correlacionando el peso seco de los nódulos con la producción de grano, se obtuvo un valor de  $r$  igual a -0.49 para el primer muestreo y de 0.36 para el segundo. Lo que indica que no existe una relación significativa para estos datos. Al mismo resultado llegaron Cuautle (1979) y Duque et al., citados por Graham y Harris (1982). Por lo tanto, el peso seco del nódulo no determina la eficiencia de una cepa de Rhizobium cualquiera; al respecto Duque et al., citados por Graham y Harris (1982), afirman "es la eficiencia con la que las plantas utilizan los carbohidratos y el nitrógeno lo que determina los rendimientos del grano".

Tampoco se encontró una correlación significativa entre número de nódulos, nitrógeno total del follaje, peso seco de la parte aérea de la planta con rendimiento de grano, en ninguno de los dos muestreos. Resultados obtenidos por Cuautle (1979) indican una relación estrecha entre nitrógeno de la parte aérea de la planta con rendimiento, concluyendo el investigador que "al variar el contenido de nitrógeno de la parte aérea de la planta difícilmen-

te inducirá cambios en la producción de grano". No encontró una relación entre número de nódulos con producción de grano. Sin embargo, sus resultados indican una relación lineal entre peso seco del follaje con rendimiento de grano.

### 5.3. Análisis económico de la variable rendimiento de grano.

De acuerdo a los precios vigentes a diciembre de 1984, se considera un precio de \$300, \$40.50 y \$48 el kilogramo de inoculante, nitrógeno y fósforo respectivamente, y de \$52.85 el precio de garantía de un kilogramo de frijol. Se averiguó la rentabilidad de cada tratamiento en relación al testigo absoluto.

Los resultados de este análisis se presentan en el Cuadro 23, donde no obstante que el análisis de los rendimientos de grano no detectó diferencia significativa entre tratamientos, se aprecian diferencias económicas considerables entre la rentabilidad de dichos tratamientos. Sobresalen por esto las cepas FM 138, FM 171, FM 1-84 y Nitragin.

Cuadro 23.- Análisis económico por tratamiento del experimento realizado sobre cepas de Rhizobium phaseoli.

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO (kg/ha)	C.V (\$/ha)	V.P (\$/ha)	I.N.M.C.F (\$/ha)	I.I.N.M (\$/ha)	I.R.S.T (kg/ha)	T.R.C.V (\$)
FM 138 + P	1,339	1,740	70,766	69,026	20,245	416	11.63
FM 171 + P	1,302	1,740	68,811	67,071	18,290	379	10.51
FM 1-84 + P	1,278	1,740	67,542	65,712	17,021	355	9.78
30-30-00	1,235	2,654	65,270	62,616	13,835	312	5.21
Nitragin + P	1,139	1,740	60,196	58,456	9,675	216	5.56
Niftal + P	1,112	1,740	58,769	57,029	8,248	189	4.74
FM 19 + P	1,074	1,740	56,761	55,021	6,240	151	3.58
FM 175 + P	1,064	1,740	56,232	54,492	5,711	141	3.28
FM 176 + P	1,045	1,740	55,228	53,488	4,707	122	2.70
00-30-00	968	1,440	51,159	49,419	938	45	0.65
00-00-00	923	0.0	48,781	48,781	0.0	0.0	0.0
FM 166 + P	922	1,471	48,728	46,988	-1,793	-1	-1.03

Siendo: C.V, costo variable; V.P, valor de la --  
producción; I.N.M.C.F, ingreso neto más costos fijos; I.I.  
N.M, incremento del ingreso neto más costos fijos sobre el  
testigo; I.R.S.T, incremento en el rendimiento sobre el --  
testigo; T.R.C.V, tasa de retorno a capital variable.

## VI. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación y bajo las condiciones en que se desarrolló el trabajo, permiten obtener las siguientes conclusiones:

1. En base a los objetivos planteados.
  - 1.1. Aunque no se detectaron diferencias significativas en rendimiento de grano entre los tratamientos estudiados, desde el punto de vista económico, es más redituable utilizar inoculantes en frijol, en lugar de fertilizantes nitrogenados.
  - 1.2. No hubo diferencias entre las cepas de Rhizobium evaluadas, sin embargo, las cepas identificadas como FM 138, FM 171 y FM 1-84, mostraron una tendencia de incremento en los rendimientos del frijol.
  - 1.3. No hubo correlaciones significativas entre los diversos parámetros cuantificados, ni de estos contra rendimiento de grano.
  - 1.4. Hubo indicios que la alta acidez del suelo, el buen nivel de fertilización del mismo y la alta población de Rhizobium nativo, afectaron negativamente la fijación de nitrógeno atmosférico en los tratamientos ino

culados.

2. En función de las hipótesis.
  - 2.1. Los factores edáficos adversos no permitieron clasificar si mediante la inoculación con Rhizobium se obtienen rendimientos similares a aquellos producidos mediante la aplicación de nitrógeno químico al suelo.
  - 2.2. La información obtenida no permitió aceptar o rechazar la hipótesis de que las cepas eficientes presentan mayor número y peso seco de nódulos, mayor peso seco de la parte aérea de la planta y contenido total de nitrógeno en el follaje.
  - 2.3. No obstante que no se detectaron diferencias significativas en la producción de grano entre los tratamientos estudiados, se aprecia una clara tendencia de que las cepas nativas son de baja eficiencia en la fijación.
  - 2.4. Los resultados obtenidos no permiten aceptar o rechazar la hipótesis de que entre el grupo de cepas evaluadas, hay diferencia en la fijación de nitrógeno.
3. En base a otros resultados.



- 3.1. La adición de nitrógeno químico al suelo, inhibió el número y peso seco de los nódulos.
- 3.2. La cepa nativa de Rhizobium phaseoli fue altamente infectiva.
- 3.3. Hubo evidencia de que las cepas inoculadas nodularon en la parte superior de la raíz, cerca de la superficie del suelo.

## VII. RESUMEN

En la localidad de Tepame, municipio de Tepatlán de Morelos, Jalisco, se realizó un experimento cuyo principal objetivo fue determinar la eficiencia de 10 cepas de Rhizobium phaseoli para fijar nitrógeno atmosférico e incrementar los rendimientos de grano de frijol.

El experimento se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano de 1984, bajo condiciones de temporal. -- Los doce tratamientos probados fueron los siguientes: .

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| 1.- FM 19 + 00-30-00  | 7.- FM 1-84 + 00-30-00  |
| 2.- FM 138 + 00-30-00 | 8.- Niftal + 00-30-00   |
| 3.- FM 166 + 00-30-00 | 9.- Nitragin + 00-30-00 |
| 4.- FM 171 + 00-30-00 | 10.- 30-30-00           |
| 5.- FM 175 + 00-30-00 | 11.- 00-30-00           |
| 6.- FM 176 + 00-30-00 | 12.- 00-00-00           |

El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de cinco surcos de cinco metros de largo cada uno y la parcela útil abarcó los tres surcos centrales.

El efecto de la inoculación o fertilización fue evaluado mediante los siguientes parámetros: A) número de nódulos por planta, B) peso seco de los nódulos, C) peso seco de la parte aérea de la planta, D) nitrógeno total en

el follaje de la planta, y E) rendimiento de grano.

Las determinaciones A, B, C y D se realizaron a los 30 y 48 días de establecido el experimento.

Los análisis de varianza practicados en cada uno de los parámetros cuantificados y los muestreos respectivos, mostraron que sólo hubo diferencia significativa en el primer muestreo de número y peso seco de nódulos. Se observó un efecto negativo de la fertilización nitrogenada sobre número y peso seco de nódulos en el primer muestreo y también una nodulación abundante en el tratamiento no inoculado y sin nitrógeno.

De los resultados, se deduce que la abundancia de la cepa nativa en el suelo, favorecida por haberse sembrado frijol en el ciclo inmediato anterior, fue el motivo principal de no haberse encontrado respuesta significativa del frijol en contenido de nitrógeno total en el follaje, en peso seco de la parte aérea de la planta y rendimiento de grano.

En cuanto al rendimiento, se obtuvieron cuatro cepas que aumentaron la reutilización del cultivo en relación al tratamiento testigo 30-30-00. Estas cepas fueron: FM 138, FM 171, FM 1-84 y Nitragin.

## VIII. LITERATURA CITADA

- ALCANTAR, GABRIEL. 1978. Estudio del efecto de diferente dosis de nitrógeno en dos fuentes, sobre los procesos de nodulación, fijación de  $N_2$  y rendimiento en frijol (Phaseolus vulgaris); Tesis de Maestría en Ciencias; C.P. Chapingo, México.
- ALEXANDER, MARTIN. 1980. Introduction to soil microbiology. 2ª Ed; Ed. John Wiley & Sons, INC. Nueva York, EE.UU.
- BEAR, FIRMAN. 1963. Suelos y fertilizantes. 2ª Ed; Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España.
- BLACK, C.A. 1968. Soil-plant relationship. 2ª Ed; Ed. John Wiley & Sons, INC. Nueva York, EE.UU.
- BUCKMAN, HARRY Y BRANDI, NYLE. 1977. Naturaleza y propiedad de los suelos. Ed. Mantaner y Simon, S.A. Barcelona, España.
- CARDOSO, ELKE. 1975. Efeitos de factores biológicos e não biológicos sobre a nodulação e fixação. Rio de Janeiro, Brasil.

- CETENAL. 1974. Climas, Precipitación y probabilidad de la lluvia en la República Mexicana y su evaluación. México, D.F.
- CUAUTLE, MARIA. 1979. Efecto de la fertilización, fumigación del suelo e inoculación con Rhizobium, sobre la nodulación, contenido de nitrógeno y rendimiento en frijol. Tesis de Maestría en Ciencias. C.P. Chapingo, México.
- CHONAY, JOSE. 1981. Efecto de la fertilización foliar sobre la compensación de la fijación biológica de nitrógeno por Rhizobium phaseoli en frijol; Tesis de Maestría en Ciencias. C.P. Chapingo, México.
- DAZZO, F.B Y HUBBELL D.H. 1974. "Biological nitrogen fixation". Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, Gainesville, EE.UU.
- DGEA. 1981. Consumos aparentes de productos agrícolas --- 1925-1980. SARH. México.

- DURAN PRADO, A. 1985. Tercera reunión sobre fijación biológica del nitrógeno, resúmenes. México, - D.F.
- FAHN, ABRAHAM. 1974. Anatomía vegetal. 2ª Ed, H. Blume Ediciones, Madrid, España.
- FERRERA-CERRATO, RONALD. 1978. "Microbiología de Rhizobium leguminosa", Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- FUENTES, MARGARITA. 1981. Respuesta a la inoculación y los componentes del rendimiento de tres -- genotipos de frijol (Phaseolus vulgaris). Tesis de Maestría en Ciencias. C.P Chapingo, México.
- GARCIA, ENRIQUETA. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana); 2ª Ed; UNAM. México.
- GARCIA, J. Y ECHEGARAY, A. 1985. Tercera reunión sobre fijación biológica del nitrógeno, resúmenes. México.

- GRAHAM, PETER Y HARRIS, SUSAN. 1982. Biological Nitrogen - Fixation. Technology for -- Tropical Agriculture; Pa--- pers presented at a work--- shop held at CIAT, Cali, -- Colombia.
- HUBBELL, D.H. et al. 1972. "Legume inoculation in Florida". Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural -- Sciences. University of Florida, Gainesville, EE.UU.
- HUGHES et al., 1981. Forrajes; la ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. 10ª. Ed; Ed. CECSA. México, D.F.
- KHALIL-GARDEZI, A. et al. 1985. Tercera reunión sobre fijación biológica del nitrógeno, -- resúmenes. México.
- LEPIZ, ROGELIO et al. 1984. Nuevas variedades de frijol -- para Los Altos de Jalisco. Folleto - Técnico No. 1. CAEAJAL, CIAB, INIA. México.

LOPEZ ALCOCER, EDUARDO. 1982. Generación de tecnología de producción y evaluación de cepas - de Rhizobium phaseoli y Rhizobium japonicum por su efecto en la producción de grano y economía de nitrógeno en los cultivos de frijol (Phaseolus vulgaris L.) y soya --- (Glycine max) en la Mixteca Poblana. Tesis de Maestría en Ciencias. C.P. Chapingo, México.

MATHIEU, MARIA. 1982. Estudio rizosférico de frijol (Phaseolus vulgaris) inoculado con mutantes - de Rhizobium phaseoli resistentes a es--- treptomycin. Tesis profesional. Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.

MEJIA, CLEOFAS. 1983. Inoculación con Rhizobium y su efecto en los componentes del rendimiento en - cuatro especies de Phaseolus. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

NORRIS, D.O. 1967. "The intelligent use of inoculants and lime pelleting for tropical legumes". Tropical Grasslands.



- ORTEGA, T.E. 1978. Química de suelos, UACH. Chapingo, México.
- REYES, PEDRO. 1981. Diseño de experimentos aplicados. 2ª. Ed.; Ed. Trillas. México, D.F.
- ROJAS, MARIA. 1975. Relación simbiótica entre cinco cepas de inoculante y tres variedades de frijol y su competencia con cepas nativas del suelo. Tesis profesional. Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.
- SALISBURY, FRANK Y ROSS, CLEON. 1978. Plant physiology. --  
Wandworth Publishing, Co.  
INC. Belmont, EE.UU.
- SARH. 1984. Programa de producción y requerimientos 1984.  
Departamento de Planeación.
- SILVA, CARLOS. 1981. Unidades del suelo. 2ª Ed; Ed. CECSA,  
México, D.F.
- SOSA, ESTHER. 1976. Manual de prácticas de laboratorio de  
nutrición animal, 1. Editado por la Escuela  
Nacional de Agricultura, Chapingo, México.

- SPP. 1981. Síntesis Geográfica de Jalisco; Coordinación -- General de los Servicios Nacionales de Estadística, - Geografía e Informática. México, D.F.
- TEUSCHER, HENRY Y ADLER, RUDOLPH. 1981. El suelo y su fertilidad. 6° Ed. H. Blume Ediciones. Madrid, España.
- TISDALE, SAMUEL Y NELSON, WERNER. 1978. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Ed. UTHEA. México, D.F.
- THOMPSON, LOUIS Y TROEH, FREDERICK. 1980. Los suelos y su fertilidad. 4° Ed. Ediciones Reverté. Barcelona, España.
- WAKSMAN, SELMAN. 1981. Soil microbiology. 3° Ed; Ed. John Wiley & Sons, INC. Nueva York, EE.UU.
- WINSTON, BRILL. 1978. "Fijación biológica del nitrógeno". Scientific America.
- WORTHEN, E. y ALDRICH, S. 1980. Suelos agrícolas su conservación y fertilización. 5° Ed; - Ed. UTHEA. México, D.F.

## IX. APENDICE

Cuadro A1.- Número de nódulos obtenidos por tratamiento y por repetición en el primer muestreo.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				Promedio
	I	II	III	IV	
FM 19 + P	238	133	287	221	219.75
FM 138 + P	255	291	158	174	219.50
FM 166 + P	330	297	203	194	256.00
FM 171 + P	193	156	142	104	148.75
FM 175 + P	379	236	255	101	242.75
FM 176 + P	304	286	132	254	244.00
FM 1-84 + P	334	305	232	242	278.25
Niftal + P	193	311	264	110	219.50
Nitragin + P	274	227	231	308	260.00
30-30-00	168	85	167	61	120.25
00-30-00	458	280	277	260	318.75
00-00-00	274	210	288	282	263.50

Cuadro A2.- Número de nódulos obtenidos por tratamiento y por repetición en el segundo muestreo.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				Promedio
	I	II	III	IV	
FM 19 + P	123	336	298	131	222.00
FM 138 + P	72	483	157	106	204.50
FM 166 + P	91	229	163	29	128.00
FM 171 + P	140	126	595	70	232.75
FM 175 + P	198	253	199	46	174.00
FM 176 + P	149	529	157	131	246.50
FM 1-84 + P	83	297	133	110	155.75
Niftal + P	85	111	108	147	112.75
Nitragin + P	131	163	166	113	143.25
30-30-00	123	335	71	95	156.00
00-30-00	52	142	123	55	93.00
00-00-00	159	199	285	125	192.00

Cuadro A3.- Peso seco en gramos de nódulos por tratamiento y repetición en el primer muestreo.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				Promedio
	I	II	III	IV	
FM 19 + P	0.2984	0.3182	0.3808	0.2699	0.3168
FM 138 + P	0.2246	0.1888	0.1998	0.3276	0.2352
FM 166 + P	0.1519	0.2685	0.3018	0.2435	0.2414
FM 171 + P	0.1880	0.0976	0.1911	0.1310	0.1519
FM 175 + P	0.2752	0.1860	0.3414	0.2013	0.2510
FM 176 + P	0.3132	0.3709	0.1671	0.2377	0.2722
FM 1-84 + P	0.3140	0.2605	0.2881	0.2851	0.2869
Niftal + P	0.1640	0.3227	0.3418	0.1349	0.2408
Nitragin + P	0.2379	0.2836	0.2766	0.4133	0.3027
30-30-00	0.1287	0.1047	0.0849	0.0453	0.0909
00-30-00	0.3832	0.2978	0.2045	0.2519	0.2843
00-00-00	0.2597	0.2369	0.4276	0.4081	0.3331

Cuadro A4.- Peso seco en gramos de los nódulos obtenidos - por tratamiento y por repetición en el segundo muestreo.

			R E P E T I C I O N E S				
TRATAMIENTOS			I	II	III	IV	PROMEDIO
FM	19	+ P	0.4037	0.6982	0.5721	0.2619	0.4840
FM	138	+ P	0.1814	0.6932	0.3566	0.3256	0.3892
FM	166	+ P	0.2375	0.2180	0.3373	0.0512	0.2110
FM	171	+ P	0.4859	0.3131	0.5554	0.1440	0.3746
FM	175	+ P	0.5535	0.3559	0.2840	0.0986	0.3230
FM	176	+ P	0.3798	1.4888	0.7018	0.2316	0.7005
FM	1-84	+ P	0.4793	0.3220	0.8835	0.2368	0.4804
Niftal		+ P	0.1570	0.8630	0.4899	0.1782	0.4220
Nitragin		+ P	0.3452	0.8487	0.4037	0.3221	0.4799
30-30-00			0.1901	0.1598	0.2945	0.2744	0.2297
00-30-00			0.2329	0.6386	0.0800	0.3393	0.3227
00-00-00			0.1186	0.4243	0.0718	0.1175	0.1830

Cuadro A5.- Peso seco en gramos de la parte aérea de la -- planta obtenido por tratamiento y repetición - en el primer muestreo.

			R E P E T I C I O N E S				
TRATAMIENTOS			I	II	III	IV	PROMEDIO
FM	19	+ P	11.24	7.76	9.15	6.92	8.77
FM	138	+ P	6.56	6.50	4.43	4.54	5.51
FM	166	+ P	4.54	8.54	8.19	7.37	7.16
FM	171	+ P	9.62	2.95	4.65	6.15	5.84
FM	175	+ P	3.93	7.11	9.61	3.39	6.01
FM	176	+ P	5.00	9.33	6.13	3.97	6.11
FM	1-84	+ P	8.58	6.95	5.18	3.15	5.96
Niftal		+ P	9.12	7.95	8.57	4.95	7.65
Nitragin		+ P	5.43	11.99	7.13	5.60	7.54
30-30-00			12.43	6.43	11.12	10.24	10.08
00-30-00			7.50	11.08	8.11	10.60	9.32
00-00-00			7.76	8.52	6.29	7.07	7.41

Cuadro A6.- Peso seco en gramos de la parte aérea de la --  
planta obtenido por tratamiento y repetición --  
en el segundo muestreo.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
FM 19 + P	49.47	28.79	13.83	27.86	29.99
FM 138 + P	25.73	66.24	16.12	38.17	36.56
FM 166 + P	29.45	35.45	31.49	15.10	28.87
FM 171 + P	42.93	25.85	32.75	17.90	29.86
FM 175 + P	31.61	37.56	35.66	21.83	31.66
FM 176 + P	30.18	26.47	37.42	46.74	35.20
FM 1-84 + P	49.13	22.44	39.61	39.89	37.77
Niftal + P	33.59	23.58	29.77	23.39	27.58
Nitragin + P	32.46	49.91	48.61	49.47	45.11
30-30-00	72.76	20.90	33.48	38.38	41.38
00-30-00	25.47	49.26	14.72	41.09	32.63
00-00-00	28.65	26.21	30.09	38.75	30.92

Cuadro A7.- Contenido de nitrógeno total, en gramos, en el  
follaje por tratamiento y repetición en el pr  
mer muestreo.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				Promedio
	I	II	III	IV	
FM 19 + P	0.41	0.28	0.32	0.23	0.31
FM 138 + P	0.22	0.24	0.16	0.15	0.19
FM 166 + P	0.16	0.31	0.30	0.26	0.26
FM 171 + P	0.39	0.08	0.21	0.20	0.22
FM 175 + P	0.15	0.27	0.35	0.11	0.22
FM 176 + P	0.20	0.37	0.23	0.13	0.23
FM 1-84 + P	0.31	0.24	0.18	0.11	0.21
Niftal + P	0.31	0.28	0.33	0.17	0.27
Nitragin + P	0.19	0.40	0.26	0.19	0.26
30-30-00	0.43	0.20	0.38	0.41	0.35
00-30-00	0.28	0.42	0.30	0.39	0.35
00-00-00	0.29	0.29	0.21	0.26	0.26

Cuadro A8.- Contenido de nitrógeno total, en gramos, en el follaje por tratamiento y repetición en el segundo muestreo.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
FM 19 + P	1.4478	0.9584	0.4270	0.7899	0.9058
FM 138 + P	0.6780	2.5725	0.5568	1.1739	1.2453
FM 166 + P	0.7992	1.1918	1.0303	0.3808	0.8505
FM 171 + P	1.0210	0.6909	0.9453	0.4262	0.7708
FM 175 + P	1.0490	0.9535	1.0692	0.7614	0.9583
FM 176 + P	0.8593	0.7620	1.1390	1.6585	1.1047
FM 1-84 + P	1.2100	0.6858	0.9878	1.2922	1.0439
Niftal + P	0.9828	0.7315	0.8576	0.8003	0.8430
Nitragin + P	1.0390	1.3136	1.3860	1.8249	1.3909
30-30-00	1.7717	0.5101	1.0233	1.1809	1.1215
00-30-00	0.6480	1.7069	0.4914	0.9921	0.9596
00-00-00	0.9370	0.8860	0.8058	1.2116	0.9606

Cuadro A9.- Rendimiento de grano obtenido por tratamiento y repetición en kg/ha.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				Promedio
	I	II	III	IV	
FM 19 + P	1025	885	787	1599	1074
FM 138 + P	1709	1741	778	1130	1339
FM 166 + P	901	787	1073	929	922
FM 171 + P	1666	996	1265	1282	1302
FM 175 + P	667	1443	1005	1143	1064
FM 176 + P	751	880	909	1641	1045
FM 1-84 + P	1858	879	1345	1030	1278
Niftal + P	971	948	1293	1236	1112
Nitragin + P	1076	868	1353	1249	1139
30-30-00	1045	1180	1358	1357	1235
00-30-00	719	870	1165	1117	968
00-00-00	686	868	1058	1071	923

## CLIMOGRAFICO DE BAGNOULS Y GAUSSEN

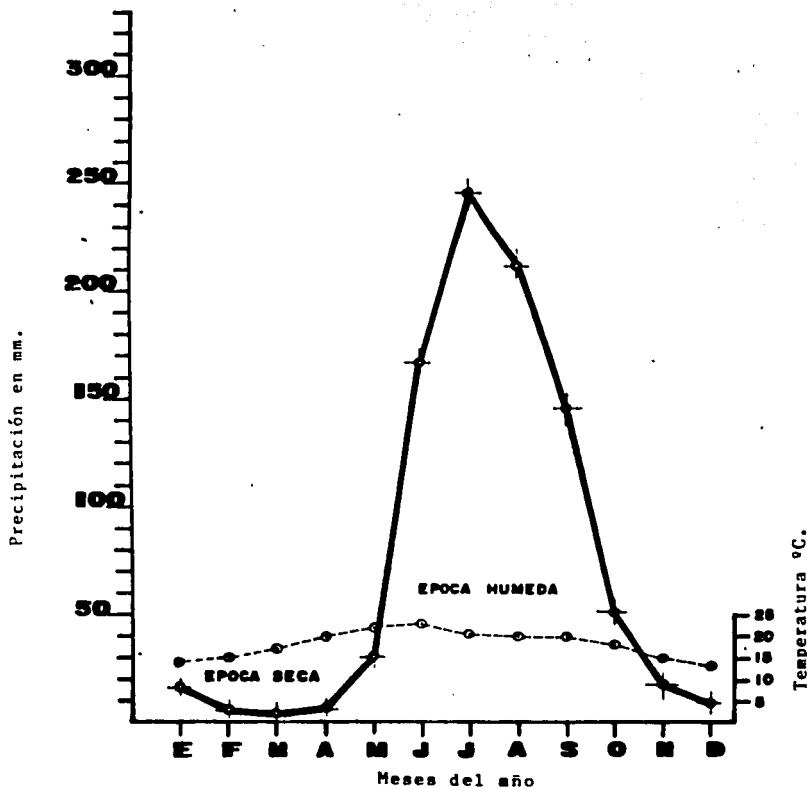


Figura A1.- Precipitación pluvial promedio de 34 años y -- temperatura promedio mensual de 18 años en la estación climatológica de Tepatitlán.



**—** PRECIPITACION MEDIA MENSUAL DE 1936 A 1970 (CETENAL, 1974).  
**- - -** PRECIPITACION MEDIA MENSUAL DE 1984 (SARH).

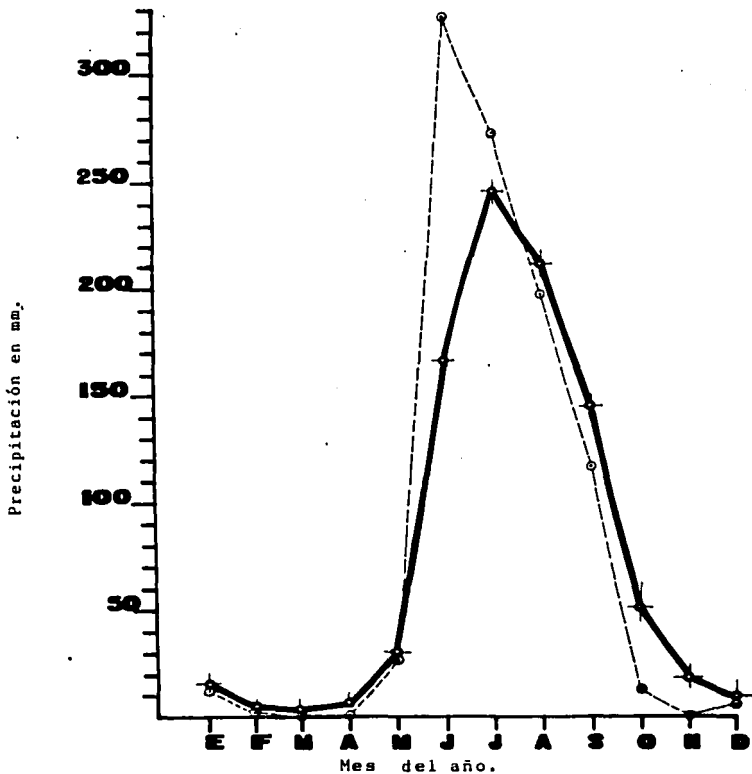


Figura A2.- Comparación de la precipitación pluvial promedio de 34 años y la del año de estudio de la estación climatológica de Tepatlilán.