

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



Respuesta a la Inoculación y Aplicación de N,P y  
Micronutrientes en Frijol (Phaseolus vulgaris L.)

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

*INGENIERO AGRONOMO*

P R E S E N T A

JOSE JAIME ZEPEDA RODRIGUEZ

GUADALAJARA, JALISCO. - 1979

A mis Padres:

Bernardo Zepeda y Consuelo  
Rodríguez de Z. por su amor  
hacia la familia y apoyo ha  
cia nuestra preparación es-  
colar.

A mis Hermanos:

Elsy Marcía, Jesús, Juan,  
Santiago, Francis y Paco,  
Guadalupe y Juan, Delia y  
Pepe, Rosa y Octavio, Pa  
ty y Leonardo.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

A todos mis tíos de Maza  
tlán, Sin.

Con agradecimiento a mis  
asesores, maestros y com  
pañeros.

Ing. Rafael Ortiz Monasterio  
Ing. Bonifacio Zarazúa Cabrera  
Ing. Leonel González Jauregui  
Ing. Francisco Villalpando Ibarra  
Dra. María Valdez  
Ing. Gabriel Martínez  
Ing. J. Luis Rendón  
Ing. Artemio Gómez Arias

A todo el personal laboral  
de la Escuela de Agricultur  
a por su ayuda y ánimos -  
recibidos para la elabora-  
ción de la presente

A todos aquellos que de una forma  
contribuyeron con su apoyo y amisu  
dad a la realización del presente  
trabajo.

# I N D I C E

Pág.

## PRESENTACION

I. INTRODUCCION 1

## II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Mecanismo físico y bioquímico de la fijación simbiótica del Nitrógeno. 4

2.2. 2.1.1. Mecanismo físico (penetración e infección inicial 4

2.2. Necesidades de macro y micronutrientes en la nodulación y captación de nitrógeno por las bacterias 6

Rhizobium sp.

2.2.1. Molibdeno 6

2.2.2. Fósforo 7

2.2.3. Boro 7

2.2.4. Cobalto 7

2.2.5. Hierro 8

2.3. Propiedades físicas y químicas del suelo que influyen en la nodulación y fijación simbiótica del nitrógeno

2.3.1. Temperatura 8

2.3.2. Humedad 9

2.3.3. pH 9

2.3.4. Contenido de materia orgánica 10

2.3.5. Niveles tóxicos de manganeso 10



ESCUELA DE AGRICULTURA 7  
BIBLIOTECA 8

2.3.6. Sobrevivencia de <u>Rhizobium</u> al contacto con fertilizantes, fungicidas e insecticidas	11
2.4. Factores poco estudiados sobre la nodulación y fijación de nitrógeno por <u>Rhizobium</u>	
2.4.1. Efecto de la humedad en la fijación de nitrógeno	11
2.4.2. Influencia del tipo de suelo en la nodulación.	11
2.4.3. Infección y formación de nódulos	11
2.4.4. Identificación de razas de <u>Rhizobium</u>	11
2.4.5. Clave genética del <u>Rhizobium</u>	12
III. OBJETIVOS E HIPOSTESIS	12
IV. MATERIALES Y METODOS	13
4.1. Factores de estudio y diseño experimental	13
4.2. Materiales	14
4.2.1. Inoculantes	14
4.2.2. Fertilizante nitrogenado y fosfórico	14
4.2.3. Micronutrientos	14
4.2.4. Semilla	14
4.2.5. Localización del experimento	15
4.3. Métodos	15
4.3.1. Inoculantes, fertilizantes, micronutrientos y siembra.	15
4.3.2. Combate de plagas	15

	Pág.
4.4. Variables a cuantificar	15
4.4.1. Rendimiento de materia seca al 90% de floración	16
4.4.2. Nodulación al 90% de floración	16
4.4.3. Rendimiento de grano a madurez fi- siológica	16
V. RESULTADOS Y DISCUSION	16
VI. CONCLUSIONES	35
VII. RESUMEN	37
VIII. BIBLIOGRAFIA	39

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

- CUADRO 1. RELACION DE TRATAMIENTOS
- CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE -  
MATERIA SECA DE FRIJOL, CUANTIFICADA AL 90% -  
DE FLORACION.
- CUADRO 3. RENDIMIENTO PROMEDIO DE MATERIA SECA AL 90% -  
DE FLORACION..
- CUADRO 4. INTERACCION DE INOCULANTES DE DENSIDAD EN EL-  
RENDIMIENTO DE MATERIA SECA AL 90% DE FLORA-  
CION.
- CUADRO 5. INTERACCION DE INOCULANTE CON TRATAMIENTOS DE  
FERTILIZACION EN EL RENDIMIENTO DE MATERIA SE  
CA AL 90% DE FLORACION.
- CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA NODULACION AL 90%  
DE FLORACION.
- CUADRO 7. NUMERO PROMEDIO DE NODULOS POR PLANTA AL 90%-  
DE LA FLORACION.
- CUADRO 8. EFECTO DE INTERACCION INOCULANTE. DENSIDAD EN  
LA NODULACION AL 90% DE FLORACION.
- CUADRO 9. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE -  
GRANO EN MADUREZ FISIOLÓGICA
- CUADRO 10. RENDIMIENTO PROMEDIO DE GRANO EN MADUREZ FI--  
SIOLOGICA.

CUADRO 11. INTERACCION DE INOCULANTES CON TRATAMIENTO EN EL RENDIMIENTO DE GRANO A MADUREZ FISIOLÓGICA.

CUADRO 12. INTERACCION DE TRATAMIENTO CON DENSIDAD EN EL RENDIMIENTO DE GRANO EN MADUREZ FISIOLÓGICO.

FIGURA 1. EFECTO DE LOS INOCULANTES EN EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA AL 90% DE FLORACION.

FIGURA 2. EFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION EN EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA AL 90% DE LA FLORACION.

FIGURA 3. EFECTO DE LA FERTILIZACION EN EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA AL 90% DE LA FLORACION.

FIGURA 4. EFECTO DE LA INTERACCION INOCULANTES CON DENSIDAD EN EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA AL 90% DE FLORACION.

FIGURA 5. EFECTO DE LA INTERACCION INOCULANTE CON TRATAMIENTO EN EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA AL 90% DE FLORACION.

FIGURA 6. EFECTO DE LAS INOCULANTES EN LA NODULACION AL 90% DE FLORACION.

FIGURA 7. EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA NODULACION AL 90% DE LA FLORACION.

FIGURA 8. EFECTO DE LA FERTILIZACION EN LA NODULACION AL 90% DE LA FLORACION.

- FIGURA 9. EFECTO DE LA INTERACCION INOCULANTE CON DENSIDAD EN LA NODULACION AL 90% DE LA FLORACION.
- FIGURA 10. EFECTO DE LA INOCULACION SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO EN MADUREZ FISIOLÓGICA.
- FIGURA 11. EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DE GRANO EN MADUREZ FISIOLÓGICA.
- FIGURA 12. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN EL RENDIMIENTO DE GRANO EN MADUREZ FISIOLÓGICA.
- FIGURA 13. EFECTO DE LA INTERACCION TRATAMIENTO CON DENSIDAD EN EL RENDIMIENTO DE GRANO EN MADUREZ FISIOLÓGICA.
- FIGURA 14. EFECTO DE LA INTERACCION INOCULANTES CON TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION EN EL RENDIMIENTO DE GRANO EN MADUREZ FISIOLÓGICA.

## PRESENTACION

La presente prueba de inoculantes y fertilización en frijol que llevada a cabo en conjunto a otros dos trabajos intitulados:

"Recolección, aislamiento y selección de cepas de Rhizobium Phaseoli de las principales zonas productoras de frijol en el estado de Jalisco" y "efecto del tipo de suelo, humedad aprovechable, inoculantes y micronutrientes en la nodulación y producción de materia seca en frijol".

Es por lo tanto el presente trabajo una continuación de las pruebas mencionadas y fueron efectuados con la ayuda de los maestros de la escuela de agricultura y los compañeros - Sra. María Elena Villaseñor Q. Julian Pérez González y Jaime de J. Velázquez García.

## I. INTRODUCCION

La familia leguminosae es el grupo más importante de plantas, por simbiosis, son capaces de fijar nitrógeno atmosférico y transformarlo en compuestos que puedan ser asimilados por la planta. Este proceso se lleva a cabo entre la planta y bacterias y se encuentran en los nódulos de sus raíces. En esta benéfica asociación, la planta elabora carbohidratos y colecta nutrimentos minerales que la bacteria requiere; y ésta a su vez proporciona a la leguminosa el nitrógeno necesario mediante el proceso de fijación.

Después de que Schloesing hijo y Laurent en 1892 (7) demostraron que la fijación del nitrógeno llevada a cabo en los nódulos de las leguminosas era gaseoso, numerosas investigaciones en forma disciplinada se han llevado a cabo desde entonces. La rhizobiología constituye así una aportación constante y sistemática al estudio de la fijación del nitrógeno por bacterias del genero Rhizobium.

Las bacterias del genero Rhizobium actúan en forma específica en las reacciones de acidez; en su resistencia a los diferentes antibióticos, su producción de amoníaco, su velocidad de crecimiento y sobre todo a la elección de la leguminosa hospedera .

Debido a la falta de un control estricto de las relaciones bacteria - planta, en 1932 Fred y colaboradores (6) desarrollaron una metodología de inoculación cruzada u concluyeron los siguientes grupos: Rh. leguminosaron, Rh. phaseoli, Rh. trifoli, Rh. meliloti, Rh. lupini y Rh. Japonicum.

En México se han hecho algunos estudios sobre la fijación biológica del nitrógeno llevada a cabo por las bacterias Rhizobium sp., especialmente en garbanzo y frijol (8,16).

En las investigaciones realizadas hasta ahora se ha observado hasta ahora la importancia de conocer más ampliamente el comportamiento de los inoculantes en cada tipo de suelo, temperatura, precipitación, capacidad de infección y fijación de nitrógeno de las bacterias en diferentes variedades de leguminosa existentes en el mercado. Por ejemplo, se ha visto experimentalmente que la respuesta a los inoculantes comerciales hasta ahora no han sido completamente positiva.

Estos resultados obtenidos experimentalmente han sido prueba de la necesidad de crear inoculantes que sean producto de un estudio profundo.

En el presente trabajo se somete a experimentación un inoculante para frijol producto de cepas en el estado de Jalisco.

La serie de estudios sobre inoculación con diferentes inoculantes en combinación con la fertilización con N, P, K, y micronutrientes han demostrado enorme complejidad; en el presente trabajo se estudia la respuesta del frijol a la fertilización con nitrógeno, fósforo y micronutrientes, - - - - -

dos densidades de población en combinación con tres inoculantes comerciales y un onoculante obtenido en el laboratorio de Microbiología de la escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara.

Indudablemente que el aprovechamiento de la capacidad de las leguminosas para fijar nitrógeno representa en este momento una importancia social prominente, si nos basamos que los agricultores de México, especialmente en la agricultura intermedia y subsistencia, se hace necesario cada vez más aumentar la producción agrícola; éste sería posible mediante el uso de inoculantes que portaran bacterias fijadores de nitrógeno suficientemente efectivas y poder reducir a un mínimo la aplicación de fertilizante nitrógenado .



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

## II. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

### Fijación simbiótica del nitrógeno gaseoso por las leguminosas

Ville en 1850 (7) observando que las nudosidades de las raíces de las leguminosas contenían mucho más nitrógeno que el resto de la planta, concluyó que las primeras eran de naturaleza bacteriana.

Un experimentador belga, Proost puso el fenómeno en claridad en 1884. Después que Boussingault lo definió y cifró, Hellriegel y Wilfarth (1886), demostraron que la fijación del nitrógeno se hacía a nivel de las nudosidades por medio de un agente microbiano. Prazmowski, Biejerink y después Mazé lograron cultivar las bacterias de las nudosidades en medios artificiales, y finalmente en 1892 Schloesing hijo y Laurent demostraron que es el nitrógeno gaseoso del aire el que se fija (7).

## 2.1. Mecanismo físico y bioquímico de la fijación simbiótica del nitrógeno

### 2.1.1. Mecanismo físico (penetración e infección inicial)

Las raíces en crecimiento activo de las leguminosas secretan sustancias en el suelo que estimulan la multiplicación de las bacterias nodulares. Las bacterias de los nódulos a su vez, producen una sustancia, probablemente ácido 3-indolil acético, posiblemente del triptófano excretado por las raíces de las leguminosas. Esto ocasiona el encurvamiento de una porción de los pelos radiculares de la leguminosa, pero no de otras plantas, y las bacterias nodulares pertenecientes a la cepa adecuada penetran en una porción de estos pelos radiculares encurvados. A su vez, una proporción a veces muy pequeña crece a través de un filamento infectado y penetra en ciertas células parenquima-

tosas de la corteza, ocasionando su hipertrofia e hiperplasia para formar un nódulo. Estas células están rodeadas de tejido vascular, que se une al tejido vascular del cilindro central (estela) de la raíz. Las raíces solamente secretan su sustancia característica cuando la planta está en ciertas etapas de desarrollo.

#### 2.1.2. Mecanismo bioquímico (reacción)

La fijación requiere de la existencia de una sustancia llamada hemoglobina. Existe una buena correlación entre esta sustancia y la velocidad de fijación de nitrógeno. El modo de formación y papel de la hemoglobina es muy complicado y no se ha aclarado con precisión.

El primer producto de la fijación es el amonio que se convierte en ácido glutámico presumiblemente reaccionando con el ácido alfa-cetoalutárico. Este se convierte aparentemente en el nódulo en los aminoácidos característicos de las proteínas de la planta, pues la distribución de aminoácidos en el nódulo y en la planta es semejante. Los procesos de fijación en forma activa existirán solamente cuando la planta esté abastecida de los elementos minerales esenciales, particularmente molibdeno, cobre boro, zinc y el hierro(14).

2.2. Necesidades de macronutrientes y micronutrientes en la nodulación y captación de nitrógeno por las bacterias Rhizobium,

Hallsworth en 1972 (9) cita cuatro factores esenciales para llevar a cabo con éxito estudios sobre los requerimientos nutricionales para la nodulación y la fijación de nitrógeno en la leguminosa. Dichos factores son:

- a. Los nutrientes aplicados deben estar en forma disponible y a niveles adecuados tanto para las plantas como para los sistemas nodulares.
- b. Las plantas deben estar en capacidad de obtener cepas eficaces de Rhizobium ya sea de la población nativa o por medio de la inoculación.
- c. La semilla debe ser purificada para evitar traslados de metales traza de una siembra a la otra
- d. Los microelementos deben ser suministrados por medio de un método apropiado y standar .

2.2.1. Molibdeno

Según White y otros, el molibdeno es esencial para la fijación de nitrógeno por las bacterias de las leguminosas. (19).

El molibdeno es preciso para el buen funcionamiento de las bacterias de las leguminosas (12).

El molibdeno juega un papel importante en la fijación del nitrógeno sideral por las nudosidades de las leguminosas, hasta el punto de que su ausencia reduce y llega a paralizar dicha función. Parece ser que el molibdeno es indispensable en la reducción de nitratos (15).

#### 2.2.2. Fósforo:

Según White y otros, el fósforo es básico en la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico por las bacterias Rhizobium (19).

Las leguminosas y Rhizobium necesitan cantidades elevadas de fósforo para su desarrollo y fijación óptima de N; este elemento es importante en el proceso metabólico de síntesis proteica (12).

#### 2.2.3. Boro:

Según Schropp (1957) no habrá buen desarrollo nodular en ausencia de boro.

Hans W. Fassbender menciona que se ha encontrado que la deficiencia de boro limita el proceso de fijación de nitrógeno (18).

#### 2.2.4. Cobalto:

La esencialidad del cobalto para la Rhizobia es debida en parte a la formación de la vitamina B-12 (cianocobalamina), que es esencial para la forma-

ción de hemoglobina que se necesita para la fijación de N (15).

Según Reissenaver (1962), fundamenta que el cobalto es también necesario para la fijación nitrogenada por las leguminosas, ya que es componente metálico de la vitamina B-12, la que a su vez es posiblemente indispensable en la biosíntesis de la hemoglobina.

#### 2.2.5. Hierro:

Según Alcalde (1971), las bacterias Rhizobium requieren Fe para la fijación de N; el Fe es componente de la hemoglobina, sustancia presente en los nódulos (1).

### 2.3. Propiedades físicas y químicas del suelo que influyen en la nodulación y fijación de nitrógeno.

- 2.3.1. Temperatura: La mayoría de las especies de Rhizobium soportan una amplia gama de temperaturas, pues presentan actividad de los 3°C a los 38°C. Sin embargo, temperaturas mayores a las de 38°C provocan desecación en la supervivencia de la bacteria en el suelo cuando es aplicada en forma de inoculante junto con la semilla (11).
- La temperatura óptima del suelo para el desarrollo de Rh. phaseoli es de 25°C (11).

2.3.2. Humedad: Indudablemente que la humedad es un factor muy importante en la determinación no solamente en el crecimiento de la planta hospedera, sino también en la supervivencia de Rhizobium existente en el suelo o del agregado como inóculo a la semilla. Rhizobium es muy sensitiva a la sequía. Sin embargo, algunas bacterias pueden sobrevivir por largo tiempo en esas condiciones probablemente por la película de humedad higroscópica la cual rodea a las partículas del suelo.

El exceso de agua puede limitar la aireación y por lo tanto la supervivencia del Rhizobium y la sanidad de la planta hospedera.

Se ha encontrado que los mejores rendimientos se obtienen con un contenido de humedad del 84% de la capacidad de retención de agua (11).

2.3.2. pH: La reacción del suelo es de gran importancia, pues afecta no solamente el desarrollo de Rhizobium y la producción de nódulos, sino también el crecimiento y desarrollo de la misma planta. Se ha encontrado que los límites de tolerancia están entre un pH de 4 a 9 ó 10 dependiendo del tipo de planta hospedera, de la especie de la bacteria y las condiciones físicas del suelo.

2.3.4. Contenido de Materia Orgánica: Massefield (13) cita los trabajos de los siguientes investigadores:

Thromton en 1925, (13) encontró que la adición de paja al suelo aumenta la nodulación en el trébol y el mismo autor en 1929 reportó que en soya y -  
haba la adición de paja podrida no tuvo efecto.

Gray en 1929, (13) Walker y Brown en 1935 encon-  
traron que la presencia de materia orgánica en -  
el suelo tiene una influencia favorable sobre el  
número de bacterias del género Rhizobium.

Anderson y Spencer (1948) (13) en Australia y Bonnier (1975) en el Congo, notaron un desarrollo excepcional de los nódulos de las leguminosas en manchones de terreno, los cuales eran ricos en -  
carbón vegetal.

2.3.5. Niveles Tóxicos de Manganeso: Lohnis (1951) observó que el frijol tiene una sensibilidad específica a toxicidad de Mn. Esta notoria sensibili  
dad de muchas legumbres en condiciones de suelos ácidos, pudo ser explicada por el efecto del nitrógeno. Ya que afecta la nodulación en número y peso de nódulos y su contenido de nitrógeno (4).

Fred y Col (5) sugirieron que si un fungicida es usado sobre la semilla para prevenir el "damping-off" no será benéfica la inoculación de la semilla puesto que el fungicida mataría a todas las bacterias de los nódulos.

2.4. Factores poco estudiados sobre la nodulación y fijación de nitrógeno por Rhizobium.

2.4.1. Efecto de la humedad en la fijación de nitrógeno:

En los experimentos realizados hasta ahora no se han hecho mediciones de la nodulación y fijación de N a diferentes niveles de humedad.

2.4.2. Efecto de los diferentes tipos de suelos en la nodulación. Esta investigación consistiría en estudiar cómo se comporta una cepa en diferentes suelos y observar cuáles son las características del suelo que permiten la efectividad o ineffectividad de la cepa para nodular y fijar nitrógeno.

2.4.3. Infección y formación de nódulos. Buscar la forma mediante la utilización de sustancias como hormonas, extractos, para asegurar y aumentar la infección de nódulos.

2.4.4. Identificación de razas Rhizobium. Se ha observado que al inocular con diferentes cepas de Rh. a una variedad de leguminosa, y siendo el origen

de las cepas de otra variedad de leguminosa, la infección y nodulación es en ocasiones mínima por lo que se supone que existen razas. Hace falta demostrar la existencia de razas; quizá con la metodología de inoculación cruzada sea posible.

- 2.4.5 Clave genética del Rhizobium. Las bacterias son capaces de controlar la síntesis de proteínas específicas por procesos tales como inducción y represión. Es necesario identificar los genes estructurales que intervienen en la formación de enzimas y proteínas estructurales.

### III. OBJETIVOS E HIPOTESIS

Con el objeto de evaluar un inoculante obtenido para los suelos de Jalisco, y estudiar la respuesta a la aplicación de N, P, Mo, Co, Fe y densidad de plantas, se estableció un experimento en el Campo Experimental de la Escuela de Agricultura de la U. de G., planteándose lo siguiente:

#### Objetivos

1. Determinar la eficiencia de tres inoculantes comerciales y un inoculante exclusivo para suelos de Jalisco, en la nodulación y rendimiento de frijol.

2. Estudiar la respuesta del frijol a la aplicación de diferentes tratamientos de N, P, Mo, Co, Fe y dos densidades de plantas.

### Hipótesis

1. Las bacterias aportadas por los inoculantes tienen diferente capacidad fijadora de nitrógeno ya que han sido aisladas en distintos climas y tipos de suelos. Se espera que el inoculante obtenido para suelos de Jalisco, sea más eficiente debido a que es portador de bacterias ecológicamente mejor adaptadas.
2. El nitrógeno puede aumentar o disminuir la capacidad nodular. Con la aplicación de los tratamientos a estudiar se espera aumentar la nodulación y rendimiento del frijol.

## IV. MATERIALES Y METODOS

Para probar las dos hipótesis planteadas anteriormente se llevó a cabo un experimento en el Campo Experimental de la Escuela de Agricultura de la U. de G. en verano de 1978.

- 4.1. Factores de estudio de diseño experimental:
  - a. Inoculante
  - b. Densidades de plantas
  - c. Un nivel de nitrógeno

d. Dos niveles de fósforo

e. Dos niveles de micronutrientos

El diseño de tratamientos que se utilizó fue un factorial de  $5 \times 2 \times 6$ , con un total de 60 tratamientos. El diseño estadístico fue el de parcelas sub-divididas en bloques al azar con tres repeticiones. El arreglo experimental fue el siguiente:

Parcela grande A con niveles  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ ;

Parcela media B con niveles  $b_1$  y  $b_2$

Parcela chica C con niveles  $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6$ ;

La lista de tratamientos se encuentra en el Cuadro 1.

#### 4.2. Material

4.2.1. Inoculante: Los inoculantes utilizados en el estudio fueron: Dianitro-Fix, Nitragin, Pagador y un inoculante elaborado especialmente para los suelos de las principales zonas productoras de frijol del estado de Jalisco.

4.2.2. Fertilizante nitrogenado y fosfórico: Se utilizó sulfato de amonio al 20.5%N y Superfosfato de Calcio Simple al 20.5% de  $P_2O_5$

4.2.3. Micronutrientos: se adicionó Mo, Co, Fe con el producto comercial Molicofix

4.2.4. Semilla: Variedad Jamapa

Cuadro No. 1

## RELACION DE TRATAMIENTOS DEL FACTORIAL

5 x 2 x 6 (N x P x Mo-Co-Fe)

No. de Tratam.	Inoculante	Densidad (kg./ha)	Trat. de Fertilización		
			N	P	Mo-Co Fe
1	Dianitro-Fix	40	40	20	0
2	"	40	40	40	0
3	"	40	40	20	1
4	"	40	40	40	1
5	"	40	0	0	0
6	"	40	0	0	1
7	"	50	40	20	0
8	"	50	40	40	0
9	"	50	40	20	1
10	"	50	40	40	1
11	"	50	0	0	0
12	"	50	0	0	1
13	Escuela	40	40	20	0
14	"	40	40	40	0
15	"	40	40	20	1
16	"	40	40	40	1
17	"	40	0	0	0
18	"	40	0	0	1
19	"	50	40	20	0
20	"	50	40	40	0
21	"	50	40	20	1
22	"	50	40	40	1
23	"	50	0	0	0
24	"	50	0	0	1
25	Nitragin	40	40	20	0
26	"	40	40	40	0
27	"	40	40	20	1
28	"	40	40	40	1
29	"	40	0	0	0
30	"	40	0	0	1
31	"	50	40	20	0
32	"	50	40	40	0
33	"	50	40	20	1
34	"	50	40	40	1
35	"	50	0	0	0
36	"	50	0	0	1

Cuadro No. 1 (Continuación)

## RELACION DE TRATAMIENTOS DEL FACTORIAL

5 x 2 x 6 (N x P x Mo-Co-Fe)

No. de Tratam.	Inoculante	Densidad (kg/ha)	Trat. de Fertilización		
			N	P	Mo-Co Fe
37	Pagador	40	40	20	0
38	"	40	40	40	0
39	"	40	40	20	1
40	"	40	40	40	1
41	"	40	0	0	0
42	"	40	0	0	1
43	"	50	40	20	0
44	"	50	40	40	0
45	"	50	40	20	1
46	"	50	40	40	1
47	"	50	0	0	0
48	"	50	0	0	1
49	Testigo	40	40	20	0
50	"	40	40	40	0
51	"	40	40	20	1
52	"	40	40	40	1
53	"	40	0	0	0
54	"	40	0	0	1
55	"	50	40	20	0
56	"	50	40	40	0
57	"	50	40	20	1
58	"	50	40	40	1
59	"	50	0	0	0
60	"	50	0	0	0

4.2.5. Localización del Experimento: El experimento se estableció en terrenos experimentales de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara (Las agujas, Municipio Zapopan, Jal.)

#### 4.3. Método

4.3.1. Inoculante, fertilizante, micronutrientes y siembra. Se prepararon los tratamientos de micronutrientes y se adicionaron en bolsas de semilla previamente pesadas para cada densidad de población.

La siembra se realizó el 20 de Junio de 1978. Se abrió el surco con azadón y se agregó todo el fertilizante nitrogenado y fosforado.

Se cubrió el fertilizante y se sembró la semilla impregnada con inoculantes, tapándose con una capa de suelo de aproximadamente 5 cm.

La distancia entre surco fue de 55 cm y el ancho del surco de 90 cm. La unidad experimental fue de  $2.7 \text{ m}^2$ .

4.3.2. Combate de Plagas: Se hicieron dos aspersiones con Sevin al 80% cuando se observaron daños al cultivo.

#### 4.4. Variables a cuantificar

4.4.1. Rendimiento de materia seca al 90% de la floración.

El corte de las plantas al 90% de la floración se realizó el 19 de Agosto de 1978, cumpliéndose 60 días. Se cortaron  $0.9 \text{ M}^2$  de la unidad experimental y las plantas se secaron en estufa durante 3 h. Se pesaron 6 plantas por parcela y el peso total se dividió entre 6, para evaluar los tratamientos por promedio de peso de planta/parcela.

4.4.2. Nodulación al 90% de la floración: El conteo de nódulos se efectuó al mismo tiempo que el de pesado el follaje. Con una pala recta se extrajeron las raíces de las plantas que se utilizaron para evaluar el follaje; se seleccionaron dos raíces las que estuviesen menos dañadas, se guardaron en una bolsa de plástico y posteriormente en el laboratorio se lavaron cuidadosamente recogiendo los nódulos en un tamiz muy fino y se procedió al conteo.

4.4.3. Rendimiento de grano a madurez fisiológica. La cosecha se realizó el 3 de Octubre de 1978. Se completaron un total de 105 días. Se cortó un total de  $1.8 \text{ M}^2$  de la unidad experimental.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION.

Se estudiaron 4 inoculantes (Dianitro-Fix, Escuela, Nitragín,

Pagador y Testigo), dos densidades de siembra (40 y 50 kg/ha), un nivel de nitrógeno (40 kg/ha), dos niveles de fósforo (20 y 40 kg/ha) y dos niveles de micronutrientes (con y sin).

5.1. Rendimiento de materia seca al 90% de floración. El análisis de varianza se presenta en el Cuadro 2 y los promedios de rendimiento en el Cuadro 3. Se presentan los resultados y discusión de los efectos significativos para esta variable.

5.5.1. Efecto del inoculante sobre el rendimiento de materia seca. La aplicación de los inoculantes resultó estadísticamente significativa (Cuadro 2). Este resultado es positivo como se observa al comparar las medias de rendimiento de los inoculantes aplicados. El inoculante Nitragin resultó ser el mejor en la prueba DMS de Duncan, con un promedio de rendimiento de 22,294 gr de materia seca/planta. Enseguida tenemos las comparaciones múltiples con la Prueba de Duncan a 0.05%:

<u>Inoculantes</u>	<u>Promedio (gr/planta)</u>
Nitragin	22,294 a
Dianitro-Fix	20,751 b
Escuela	20,166 b c
Pagador	20,110 c
Testigo	19,483 c

En la figura 1 se observa claramente la diferencia existente entre los promedios de los inoculantes.

El inoculante Nitragin tuvo efectos claros, pero se nota también ligera respuesta al inoculante Escuela.

La respuesta de los inoculantes se presenta de una forma clara; ésto puede ser debido a que el cultivo anterior a frijol fué trigo, al que no se le aplicó fertilizante.

- 5.1.2. Efecto de la densidad sobre el rendimiento de materia seca: La variación de la densidad de siembra resultó estadísticamente significativa (Cuadro 2). Este resultado es negativo, ya que al aumentar de 40 a 50 kg/ha, disminuyó la producción de materia seca. Véase enseguida la prueba DMS 0.05%.

<u>D e n s i d a d</u>	<u>Promedio (gr/planta)</u>
40 kg/ha	20.8433 a
50 kg/ha	20.2832 b

En la figura 2 se observa la diferencia de las densidades estudiadas. La disminución de peso foliar podría ser debida a una baja nutrición de las plantas. Esta diferencia no se observó cualitativamente en el campo. Posiblemente en la densidad alta crecieron a una altura normal por el fo-

totropismo; pero el peso del área vegetal no aumentó.

5.1.3. Efecto de los tratamientos de fertilización en el rendimiento de materia seca. El efecto de la fertilización resultó estadísticamente significativo (Cuadro 2), siendo positivo, excepto para el Trat. 00-00-1, en que el testigo fue superior. El mejor tratamiento fue 40-40-1, al que sólo le igualó 40-40-0. Enseguida se presentan las comparaciones múltiples de Duncan al 0.05%.

<u>Tratamientos</u>	<u>Promedio (gr/planta)</u>
40-40-1	21,5750 a
40-40-0	21.5546 a b
40-20-1	20.8586 c
40-20-0	20.6466 d
00-00-0	19,5380 e
00-00-1	19.2066 f

En la figura 3 se observa claramente que en el tratamiento 40-20-0 y 40-20-1 el efecto de los micronutrientes no fue importante, sin embargo, si tomamos en cuenta que se hicieron análisis del peso por planta en cada unidad experimental, veremos que esta diferencia en gramos puede aumentar grandes cantidades, tratándose de áreas relativamente poco más grandes.

Este efecto nos muestra la forma de actuar el nitrógeno y fósforo cuando se aplican en forma proporcional 2:1 y se le mezclan cantidades adecuadas de micronutrientes.

La respuesta a la aplicación de Mo, Co, Fe en los tratamientos 40-40 y 40-20 se debió probablemente a que estos suelos tienen bajos contenidos de molibdeno y cobalto, aunque el hierro puede ser medio; además, el pH ligeramente ácido favorece la solubilidad de los elementos menores particularmente el Fe.

La respuesta negativa a la aplicación simple de micronutrientes del tratamiento 0-0-1 en comparación con el testigo 0-0-0, pudo ser posible a un efecto tóxico producido por un desequilibrio nutritivo en la planta. La falta de nitrógeno y fósforo pudo ocasionar deficiencias nutricionales en crecimiento y poca fijación de nitrógeno desperdiándose los micronutrientes.

- 5.1.4. Efecto de la interacción inoculante y densidad sobre el rendimiento de materia seca. La interacción (Inoc x Dens.) fue estadísticamente significativa (Cuadro 2); en el cuadro 4 se observan las interacciones (Cuadro de doble entrada). No existió ninguna diferencia significativa sobre el efecto

de las densidades a un solo inoculante aplicado. La diferencia entre inoculantes a una misma densidad de población fue significativa en la prueba de t.

El inoculante nitragin resultó ser el mejor inoculante para las dos densidades estudiadas. El inoculante Dianitro-Fix le siguió y después el inoculante Escuela.

En la figura 4 se observa cómo el inoculante Paqador disminuye la producción de materia seca en comparación a la forma paralela de los demás inoculantes. La disminución general en la producción de materia seca pudo ser producida por la falta de nitrógeno cuando se sembraron 50 kg de semilla por ha.

Es interesante observar que todos bajaron su producción de materia seca. Este resultado indica en parte que los inoculantes por mejores que sean, tienen límite de producción de nitrógeno que pueda ser aprovechado por las plantas. Es decir que, aún cuando el nitrógeno aportado por las bacterias sea directamente asimilado por las plantas, éste puede no ser suficiente para altas densidades de población.

Es de notar aquí la importancia de producir (aislar) inoculantes (bacterias) en condiciones donde se tengan altas densidades de población, en las que el

oxígeno principalmente y todos los demás nutrimentos son más difíciles de aprovechar.

5.1.5. Efecto de la interacción inoculante por tratamientos en el rendimiento de materia seca. La interacción inoculantes x tratamientos fue estadísticamente significativa (Cuadro 2.). El efecto de tratamientos para un sólo inoculante fue significativo. El efecto de tratamientos para un solo inoculante fue significativo en la prueba de t, excepto para el tratamiento 40-40-0 y 40-40-1 en los inoculantes Escuela, Nitragin y Testigo (ver Cuadro 5.).

El efecto de los inoculantes para un solo tratamiento fue significativo en la prueba de t, excepto el inoculante Pagador contra el inoculante Escuela en los tratamientos 40-40-0, 40-20-1, 40-40-1, 00-00-0, 00-00-1.

Es importante notar que el inoculante Escuela produjo rendimiento igual a Pagador en algunos tratamientos.

En la figura 5 se observa que los tratamientos de fertilización están relacionados con el inoculante que se utiliza.

Se observa también que los nutrimentos en los diferentes tratamientos de nitrógeno y fósforo sólo existe una interacción positiva, esto significa

que el comportamiento de los micronutrientos es muy difícil de definir ya que lo más probable es que tengan alguna interrelación química con el fósforo.

Con Nitragin todos los tratamientos aumentaron los rendimientos. Esto significa que el inoculante es portador de bacterias con alto poder de fijación de nitrógeno y asimilaron fósforo, molibdeno, cobalto, e hierro, que son esenciales en la fijación.

En el terreno donde se llevó a cabo el experimento no se había sembrado frijol durante algunos años. El cultivo común es maíz y por primera vez antes del experimento se cultivó trigo de invierno. Este suelo contenía Rhizobium sp., aunque muy baja población y probablemente de bajo potencial genético fijador de nitrógeno.

Debido a esto pueden ser posible tales respuestas. Es posible que en algunos años con inoculación efectiva y una vez estableciéndose el Rhizobium sp. pueda ser posible fertilizar con 40-40-0 ó 40-40-1 obteniéndose buenas respuestas.

## Cuadro 2.

ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE  
DE FRIJOL, CUANTIFICADA AL 90% DE FLORACION

Fuente de Variación	G.L.	S.de C.	C.M.	f observado	Prob. f
Repetición	2	1.0607	0.5303		
Inoculantes	4	164.2608	41.0652	19.9958**	0.0006
Error A	8	16.4294	2.0536		
Densidad	1	14.1176	14.1176	189.9697**	0.0001
Dens. x Inoc.	4	1.6912	0.4228	5.6895**	0.0121
Error B	10	0.7431	0.0743		
Tratamientos	5	149.7669	29.9533	142.7081**	0.0001
Trat. x Inoc.	20	7.2411	0.3620	1.7249*	0.0410
Trat. x Dens.	5	1.0348	0.2069	0.9861NS	0.5689
Trat. x Dens. x Inoc	20	1.6344	0.0817	0.3893NS	0.9905
Error C	100	20.9892	0.2098		
Total	179	378.9697	2.1171		

$$CV_a = 7.0\%$$

$$CV_b = 1.3\%$$

$$CV_c = 2.2\%$$

Cuadro 3.

RENDIMIENTO PROMEDIO DE MATERIA SECA AL  
90% DE FLORACION

---

FACTOR A	I N O C U L A N T E S	gr/planta
	Dianitro-Fix	20.761
	Escuela	20.1666
	Nitragin	22.2940
	Pagador	20.1108
	Testigo	19.4836
FACTOR B	D E N S I D A D	
	40 kg/ha	20.8433
	50 kg/ha	20.2832
FACTOR C	T R A T A M I E N T O S	
	40-20-0	20.6466
	40-40-0	21.5546
	40-20-1	20.8586
	40-40-1	21.5750
	0-0-0	19.5380
	0-0-1	19.2060

---

Cuadro 4.

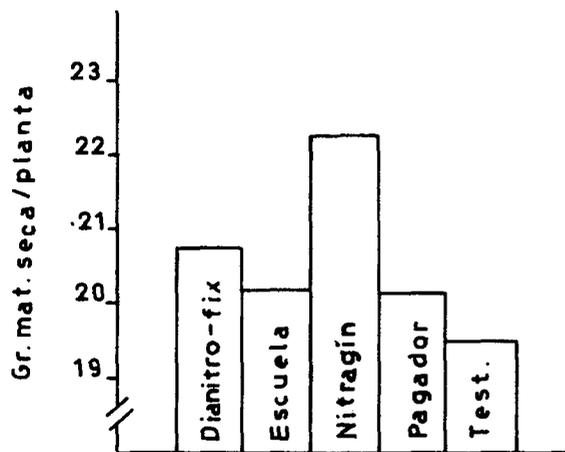
INTERACCIONES DE INOCULANTES CON DENSIDAD EN EL RENDIMIENTO  
DE MATERIA SECA AL 90% DE FLORACION.

INOCULANTES.	DENSIDAD.		
	40 KG.	50 KG.	
Dianitro - Fix	378.17	369.20	747.37
Escuela	365.57	360.43	725.80
Nitragin	407.05	395.49	802.54
Pagador	369.80	354.14	723.94
Testigo	355.21	346.1	701.31
	1,875.80	1,825.36	

Cuadro 5

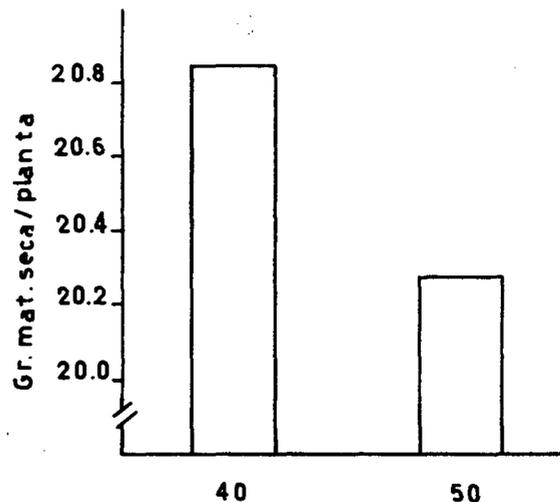
INTERACCIONES DE INOCULANTE CON TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION  
 EN EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA AL 907. DE FLORACION.

INOCULANTES.	T R A T A M I E N T O S .						
	40-20-0	40-40-0	40-20-1	40-40-1	0-0-0	0-0-1	
Dianitro-Fix	124.10	128.84	125.69	131.1	119.74	117.60	747.37
Escuela	120.66	127.11	122.67	126.78	115.70	113.08	845.34
Nitragin	137.54	140.34	136.35	140.25	124.98	123.08	802.54
Pagador	119.00	127.70	122.48	126.06	115.17	113.43	864.28
Testigo	117.97	122.50	118.57	122.76	110.55	108.96	701.31
	619.27	786.93	625.76	647.25	705.88	576.15	



### INOCULANTES

Fig. 1.- Efecto de los inoculantes en el rendimiento de mat. seca al 90% de la floración.



### DENSIDAD Kg/sem./ha.

Fig. 2.- Efecto de la densidad de población en el rendimiento de mat. seca al 90% de la floración.

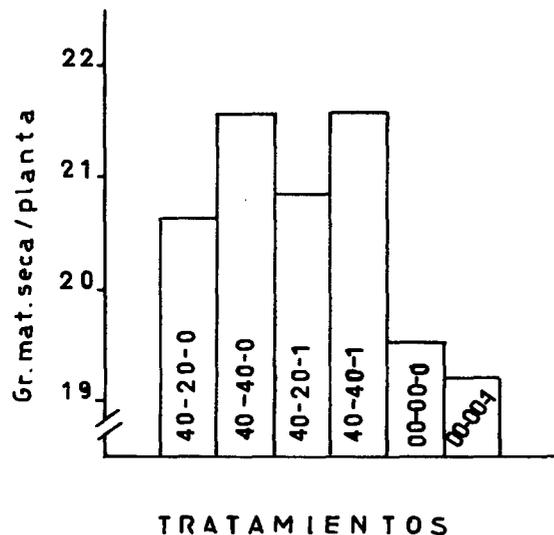


Fig. 3.- Efecto de la fertilización en rendimiento de materia seca al 90% de la floración.

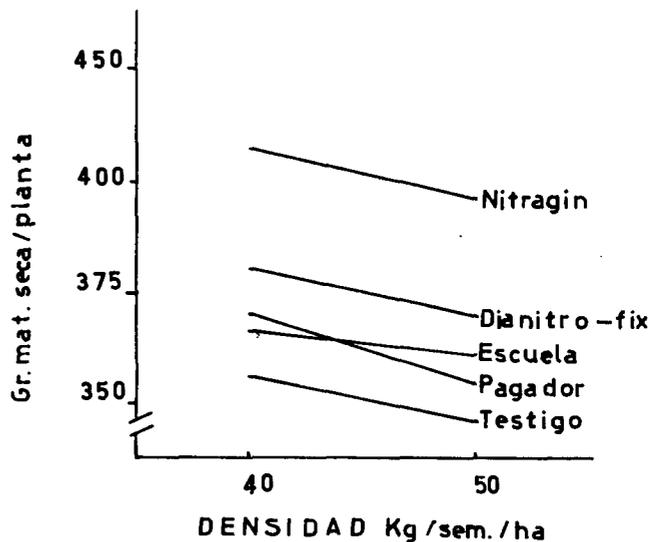


Fig. 4.- Efecto de la interacción inoculante con densidad en el rendimiento de materia seca al 90% de floración.

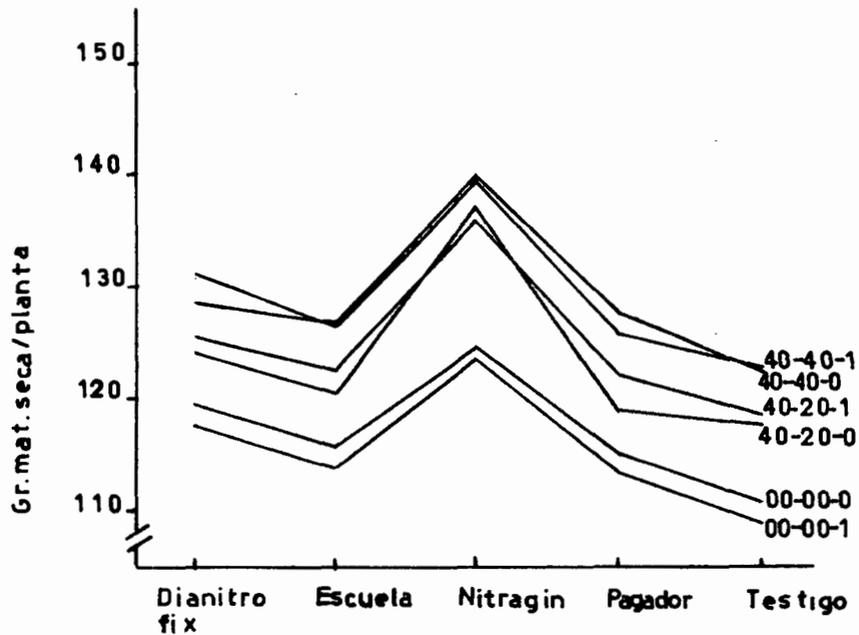


Fig. 5.- Efecto de la interacción inoculante con tratamiento en el rendimiento de materia seca al-90% de floración.

5.2. Nodulación al 90% de floración: El análisis de varianza se presenta en el Cuadro 6 y los promedios de rendimiento en el Cuadro 7. Se presentan los resultados y discusión de los efectos significativos en esta variable.

5.2.1. Efecto del inoculante sobre la nodulación al 90% de floración. El efecto de la inoculación resultó positivo en la formación de nódulos. Fue estadísticamente significativo como se ve en el Cuadro 6. El inoculante Pagador resultó como más efectivo en la formación de nódulos, aunque estadísticamente fue igual a Nitragin. Enseguida tenemos las comparaciones múltiples con la prueba de Duncan a 0.05%.

<u>Inoculantes</u>	$\bar{X}$ ( No. de nódulos)
Pagador	376.5833 a
Nitragin	369.9722 a b
Dianitro-Fix	336.1949 c
Escuela	293.1944 d
Testigo	253.4166 e

Se observa que hay respuesta a la nodulación y esto afirma que cuando se inocula un suelo donde no se había sembrado frijol durante algunos años, se obtienen generalmente respuestas a la inoculación.

El efecto de la inoculación es bastante marcado por cada uno de los inoculantes. El experimento se rea-

lizó en suelo con baja población de Rhizobium sp. Es posible que las parcelas hayan actuado como mace-  
tas esterilizadas, ésto junto con las caracterfsti-  
cas físicas y químicas del suelo, que son favorables  
para el crecimiento de frijol, permitieron tener  
efectos claros (figura 6).

5.2.2. Efecto de la densidad sobre la nodulación al 90%  
de la floración. El aumento de 40 a 50 kg de se-  
milla por ha disminuyó en forma significativa la  
nodulación (Cuadro 6).

La densidad de 40 kg resultó más efectiva para la  
formación de nódulos. Enseguida tenemos la prueba  
de Duncan al 0.05%.

<u>D e n s i d a d</u>	<u><math>\bar{X}</math> (No. nódulos)</u>
40 kg	345.4666 a
50 kg	306.2777 b

El aumento del número de plantas por unidad de área  
produjo un efecto negativo en la formación de nódu-  
los; ésto pudo ser ocasionado por deficiencias de  
nitrógeno y fósforo que perjudicaron la formación,  
disminuyéndola. Aunque el número de nódulos dismi-  
nuyó en la densidad alta, fueron suficientes para  
mantener verdes las plantas sin amarillamientos.

La distribución de la precipitación en Junio y Julio

es muy alta en comparación con algunos días de Agosto. En Agosto se observó que algunas plantas de la densidad alta se veían marchitas. Esta falta de humedad resentida pudo ocasionar que las raíces se profundizaran buscando humedad y este crecimiento produjo una necesidad de nitrógeno que se pudiera asimilar por las bacterias en la formación de nódulos.

El efecto de las altas densidades de población es sin duda un factor decisivo en la nodulación, aunque la definición del fenómeno es difícil (figura 7).

- 5.2.3. Respuesta de la aplicación de tratamientos a la nodulación al 90% de la floración. La respuesta a la aplicación de los tratamientos de fertilización fue estadísticamente significativa (Cuadro 6). El mejor tratamiento de fertilización fue 40-40-0, aunque el tratamiento 40-20-1 fue igual en la prueba de Duncan. Todos los tratamientos tuvieron DMS positiva, excepto el tratamiento 00-00-1 que fue inferior al testigo. Enseguida la prueba de Duncan al 0.05%.

<u>Tratamientos</u>	$\bar{X}$ (Nº. de nódulos)
40-40-0	386.6333 a
40-20-1	370.9000 a b
40-40-1	327.6666 c
40-20-0	314.9333 d
00-00-0	298.9333 e
00-00-1	256.1666 f

Los tratamientos 40-40-0 y 40-20-1 fueron superiores a los demás con mucha diferencia. La explicación de la disminución de la nodulación cuando al tratamiento 40-40-0 se le aplicaron micronutrientes fue quizá por la toxicidad producida por la acidez del sulfato de amonio y el hierro aplicados.

El Testigo resultó ser mejor que el tratamiento 00-00-1. Esto pudo ser causado por un efecto tóxico de los micronutrientes (figura 8).

El suelo donde se desarrolló el trabajo es bueno para el frijol. La prueba de ello es que las respuestas a la inoculación y fertilización fueron positivas en la prueba DMS. La aplicación de nitrógeno, fósforo y micronutrientes se hizo en la siembra. Es probable, si se aplica el fósforo y micronutrientes en la siembra, pero el 50% de nitrógeno en la siembra y 50% antes del cierre del follaje, se

obtenga mejor respuesta a la fertilización nitrogenada.

5.2.4. Efecto de la interacción inoculante con densidad, sobre la nodulación al 90% de la floración.

La interacción inoculante con densidad de población fue significativa (Cuadro 6).

El efecto de interacción para nodulación es el más difícil de explicar, debido a que la formación de nódulos es una variable fuertemente influenciada por una multitud de factores edáficos. En el Cuadro 8 se presentan las interacciones.

En la comparación de densidades a un solo inoculante, la prueba múltiple resultó significativa para todos los inoculantes, siendo 40 kg/ha la mejor.

En las comparaciones múltiples de inoculantes a una sola densidad, fue significativo para las dos densidades de población. El inoculante Pagador obtuvo el mejor promedio para las dos densidades y la densidad 40 kg obtuvo el mejor promedio para todos los inoculantes.

Cuando la densidad de población aumentó de 40 a 50 kg de semilla, disminuyó la nodulación que fue posiblemente originada por deficiencias nutricionales y luz (figura 9).

CUADRO 6.

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA NODULACION AL 90% DE FLORACION.

Fuente de Variación	G.L.	S. de C.	C.M.	f observado	Prob. f
Repetición	2	6596.08	3298.0339		
Inoculantes	4	393862.31	98465.5778	604.7377**	0.0001
Error A	8	1302.59	162.8236		
Densidad	1	69109.61	69109.6056	1787779 **	0.0001
DensXInoc.	4	29444.31	7361.0778	19.0421**	0.0003
Error B	10	3865.67	386.5667		
Tratamientos	5	342805.83	68561.1656	32.2077**	0.0001
Trat.XInoc.	20	50912.09	2545.6044	1.2329NS	0.2440
Trat.XDens.	5	17006.76	3401.3522	1.6474NS	0.1536
TratXDens.XInoc.	20	26549.16	1327.4578	0.6429NS	0.8706
Error C	100	206461.67	2064.6167		
Total	179	1,147916.06	6412.9389		

$$CV_a = 4.0 \%$$

$$CV_b = 6.0 \%$$

$$CV_c = 14.0 \%$$

Cuadro No. 7

• NUMERO PROMEDIO DE NODULOS POR PLANTA AL 90% DE LA FLORACION.

---

Factor A	Inoculantes	No. Nódulos/Planta
	Dianitro-Fix	336.1944
	Escuela	293.1944
	Nitragin	369.9722
	Pagador	376.5833
	Testigo	253.4166
Factor B	Densidad	No. Nódulos/Planta
	40	345.4666
	50	306.2777
Factor C	Tratamientos	No. Nódulos/Planta
	40-20-0	314.9333
	40-40-0	386.6333
	40-20-1	370.9000
	40-40-1	327.6666
	0- 0-0	298.9333
	0- 0-1	256.1666

---

Cuadro No. 8

EFEECTO DE INTERACCION INOCULANTE DENSIDAD EN LA NODULACION  
AL 90% DE FLORACION.

INOCULANTE	D E N S I D A D		
	40 KG.	50 KG.	
Dianitro-Fix	6199	5904	12,103
Escuela	5526	5029	10,555
Nitragín	6982	6337	13,319
Pagador	7578	5979	13,557
Testigo	4807	4324	9,131
	31,092	27,573	

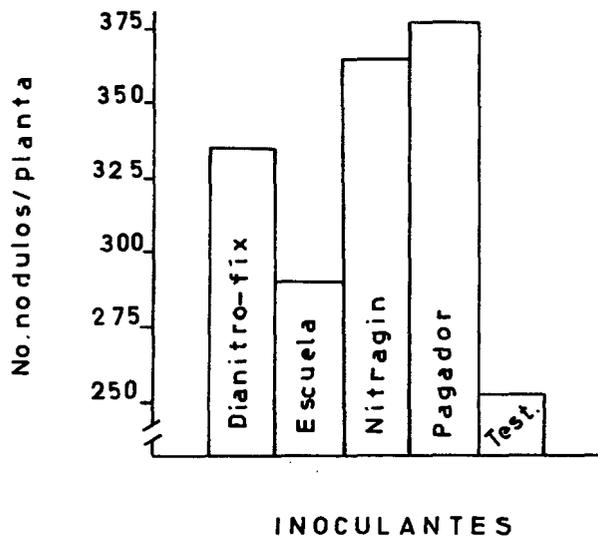


Fig.6.- Efecto de los inoculantes en la nodulación al 90% de la floración

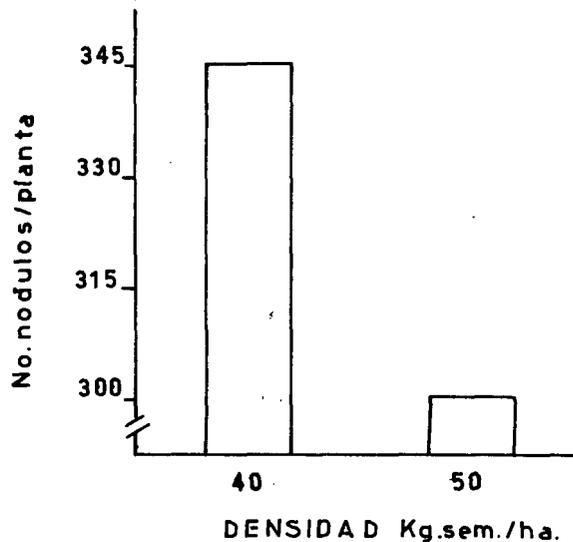


Fig.7.- Efecto de la densidad de siembra en la nodulación al 90% de la floración.

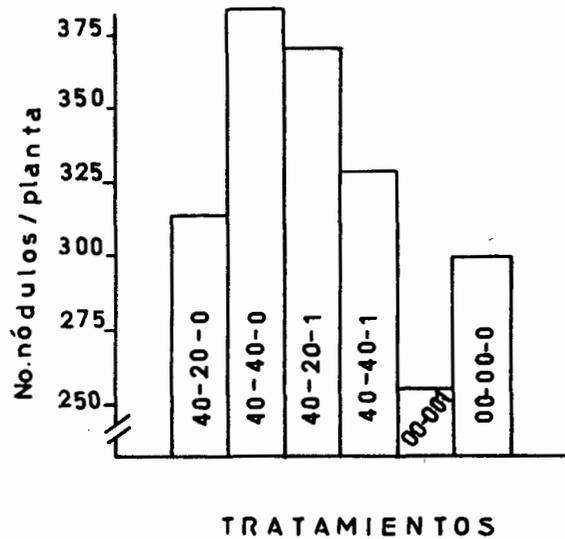


Fig. 8.- Efecto de la fertilización en la nodulación al 90% de la floración.

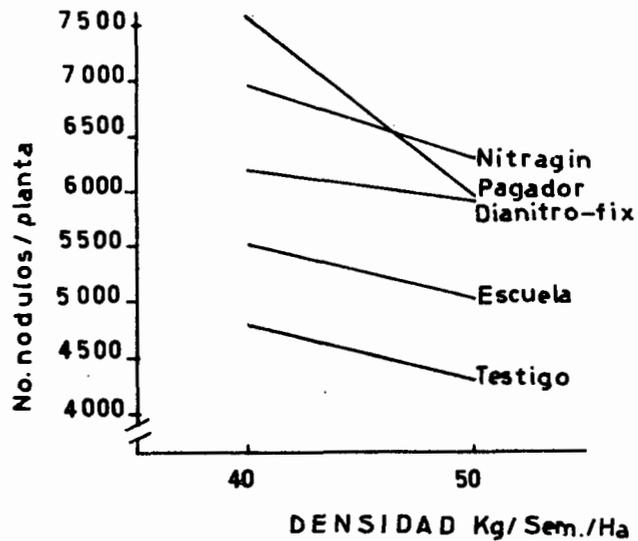


Fig. 9.- Efecto de la interacción inoculante con densidad en la nodulación al 90% de la floración.

Es importante notar que Nitragin y Dianitro-Fix han sobresalido en todas las pruebas. El inoculante Escuela obtuvo resultados satisfactorios en esta prueba, ya que se colocó en tercer lugar y la diferencia con Dianitro-Fix no es muy grande (figura 10).

Se observa por la respuesta a la inoculación que existe poco Rhizobium sp. efectivo en el suelo, pero aún así el frijol se adapta muy bien a las condiciones climáticas y de suelo donde se llevó a cabo el trabajo.

Esta variable es la más importante en este tipo de trabajos, puesto que es el producto que más nos interesa obtener al cultivar el frijol.

5.3.2. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de grano en madurez fisiológica. El efecto de la densidad resultó estadísticamente significativo en la prueba de f (Cuadro 9). La densidad de 50 kg/ha obtuvo el mejor promedio; enseguida la prueba DMS 0.05%.

<u>D e n s i d a d</u>	<u><math>\bar{X}</math> (qr/parcela)</u>
50 kg	460.9777 a
40 kg	456.6666 b

Los inoculantes Nitragin, Dianitro-Fix, Escuela y Testigo tienen un efecto paralelo y Pagador disminuyó fuertemente al aumentar la densidad de población; ésto puede ser posible por dos cosas:

Primero, que la cantidad del inoculante para la dosis de 50 kg no fue suficiente para inocular, o que el Rhizobium sp. contenido en el inoculante no tuvo capacidad de reproducción y fijación de nitrógeno cuando se encontró en un medio densamente poblado.

### 5.3. Rendimiento de grano en madurez fisiológica.

El análisis de varianza se presenta en el Cuadro 9, y los promedios de rendimiento en el Cuadro 10.

5.3.1. Efecto de la inoculación en el rendimiento de grano en madurez fisiológica. El efecto de la inoculación fue significativo en la prueba de f (Cuadro 9). El mejor inoculante fue Nitragin; le siguió Dianitro-Fix y Escuela. Enseguida la prueba múltiple de Duncan.

<u>I n o c u l a n t e</u>	$\bar{X}$ (Gr./parcela)
N i t r a g i n	468.3055 a
D i a n i t r o - F i x	462.9444 b
E s c u e l a	457.9166 c
P a g a d o r	455.4166 d
T e s t i g o	449.0277 e

En las variables anteriores observamos cómo disminuyó la producción de materia seca y nodulación al aumentar la densidad de población (figura 11). En esta variable, el efecto de la densidad fue positivo, por lo que se considera que en altas densidades de población, aunque tengamos menor peso de materia seca y menor nodulación, resulta más efectivo para la producción de grano.

Las variables materia seca y nodulación se midieron en floración. Es posible que después de esa época el frijol haya tenido buena nutrición proporcionada por los nódulos que se alcanzaron a formar, y aunque hubiera deficiencias de fósforo y micronutrientes por planta, el rendimiento de grano por planta tuvo un efecto aditivo que aumentó el rendimiento total por parcela. Este resultado de rendimiento nos indica que la nodulación y materia seca pueden confundir la evaluación de un factor de estudio como la densidad de población.

- 5.3.3. Respuesta a la aplicación de los tratamientos en el rendimiento de grano a madurez fisiológica. El efecto de la fertilización fue estadísticamente significativo (Cuadro 9). Todos los tratamientos resultaron positivos; enseguida, la prueba de Duncan:

<u>Tratamientos</u>	<u>X (gr/parcela)</u>
40-40-1	498.00 a
40-20-0	493.86 b
40-40-0	466.60 c
40-20-1	464.76 c d
00-00-1	418.50 e
00-00-0	410.60 f

Estos suelos son ligeramente ácidos, y la textura es ligera, pero tienen buena capacidad de retención de humedad y tienen buena capacidad de estructuración, lo que ayuda al desarrollo de las raíces y aprovechamiento de los tratamientos aplicados (figura 12).

Los tratamientos 40-40-1 y 40-20-0 tuvieron rendimientos muy semejantes. Es posible que el tratamiento 40-40-1 haya tenido una dosis elevada de fósforo y no se aprovechó. El tratamiento 40-40-0 deja ver que es inferior al 40-20-1; esto podría ser debido a que los 40 kg de fósforo no se aprovecharon, o tuvieron un efecto tóxico.

El efecto de los micronutrientes en esta variable no sigue una respuesta clara. Primero tiene buen efecto en el tratamiento 40-40-1 y luego baja su efecto con el tratamiento 40-20-1. Tal parece que el efecto está en interacción con el fósforo aplicado.

5.3.4. Efecto de la interacción inoculante con tratamiento en el rendimiento de grano en madurez fisiológica. La interacción inoculante con tratamiento fué significativa para diferentes tratamientos a un sólo inoculante y para diferentes inoculantes a un nivel de fertilización. (Cuadro 9).

Nitragin obtuvo el mejor promedio para niveles de fertilización y el tratamiento 40-40-0, el mejor promedio para los diferentes inoculantes aplicados.

Nitragin tuvo buen rendimiento de grano tanto en forma simple como en combinación con la fertilización nitrogenada, fosfórica y micronutrientes. Esto significa que las bacterias efectivas fijan nitrógeno en forma natural y al aplicar tratamientos de fertilización pueden utilizar hasta donde permiten las demás condiciones ecológicas todo su potencial de fijación.

El inoculante Escuela tuvo buenos resultados de interacción con los fertilizantes y resultó tercero después de Nitragin y Dianitro-Fix. (Cuadro 11).

Cuando el Testigo se fertilizó con 40-20-1, el rendimiento de grano se incrementó casi igual a Nitragin con el mismo tratamiento. (Figura 14).

Cuando se inoculó con Nitragin y se le aplicó 40-40-0 y 40-40-1, el rendimiento fue mayor que con 40-20-0 y 40-20-1. Qué ocurrió si al testigo al aplicarle fertilizante se aumentaron los rendimientos? Otra cosa interesante en los resultados es el efecto paralelo de 40-20-0 y 40-20-1, 40-40-0 y 40-40-1, y 00-00-0 y 00-00-1 (figura 14).

El efecto nos presenta una relación N/P. Es posible que la relación 2:1 N/P sea más efectiva para la planta que 1:1.

5.3.5. Efecto de la interacción tratamiento con densidad en el rendimiento de grano en madurez fisiológica. El efecto de la interacción tratamiento con densidad resultó significativa para diferentes tratamientos a una misma densidad y para las dos densidades a un mismo tratamiento de fertilización (Cuadro 9).

El mejor promedio de tratamientos en las dos densidades fue 40-40-1 y el mejor promedio de las densidades para un tratamiento fue de 50 kg de semilla por ha.

El efecto de interacción de fertilización con densidad fue positivo en todos los tratamientos estudiados (Cuadro 12).

Cuadro No. 9

ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE GRANO DE MADUREZ  
FISIOLOGICA.

FUENTE DE VARIACION.	G.L.	S.de C.	C.M.	f.OBSERVADO	prob.f
Repeticion	2	35.211	17.6056		
Inoculantes	4	7748.111	1937.0278	221.5152**	0.0001
Error A	8	69.956	8.7444		
Densidad	1	915.756	915.7556	297.0018**	0.0001
Dens.X Inoc.	4	28.244	7.0611	2.2900NS	0.1311
Error B	10	30.833	3.0833		
Tratamientos	5	204301.378	40860.2756	1939.5700**	0.0001
Trat. X Inoc.	20	3152.622	157.6311	7.4824**	0.0001
Trat. X Dens.	5	536.578	107.3156	5.0940**	0.0005
Trat.XDens.XInoc.	20	144.756	7.2378	0.34357NS	0.9955
Error C	100	2106.667	21.0667		
Total	179				

$$CV_a = 2 \%$$

$$CV_b = 1 \%$$

$$CV_c = 4.5 \%$$

Cuadro No. 10

## RENDIMIENTO PROMEDIO DE GRANO EN MADUREZ FISIOLÓGICA.

---

FACTOR A	INOCULANTES	GR / PARCELA
	Dianitro - Fix	462.9444
	Escuela	457.9166
	Nitragín	468.3055
	Pagador	455.4166
	Testigo	449.0277
FACTOR B	DENSIDAD	GR / PARCELA
	40	456.4666
	50	460.9777
FACTOR C	TRATAMIENTOS	GR / PARCELA
	40 - 20 - 0	493.8666
	40 - 40 - 0	466.6000
	40 - 20 - 1	464.7666
	40 - 40 - 1	498.0000
	0 - 0 - 0	410.6000
	0 - 0 - 0	418.5000

---

Cuadro No. 11

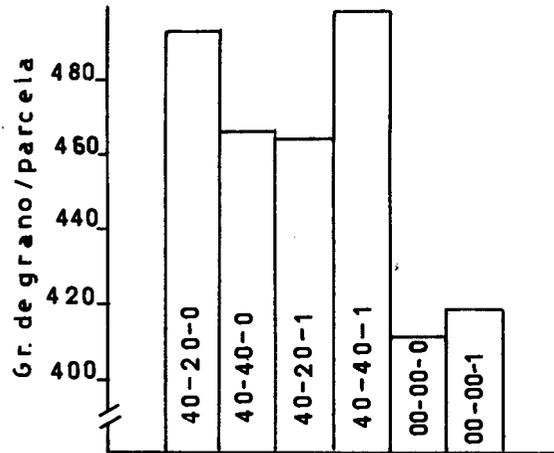
INTERACCION DE INOCULANTES CON TRATAMIENTO EN EL RENDIMIENTO  
DE GRANO A MADUREZ FISIOLÓGICA.

INOCULANTE	40-20-0	40-40-0	40-20-1	40-40-1	00-00-0	00-00-1	
Dianitro_Fix	2,804	2,816	2,979	3,003	2,511	2,553	16,166
Escuela	2,787	2,801	2,964	2,990	2,443	2,494	16,976
Nitragín	2,820	2,827	2,993	3,201	2,570	2,628	16,859
Pagador	2,772	2,787	2,950	2,972	2,433	2,481	16,095
Testigo	2,760	2,767	2,930	2,954	2,355	2,399	16,165
	13,943	13,998	14,516	14,940	12,312	12,555	

Cuadro No. 12

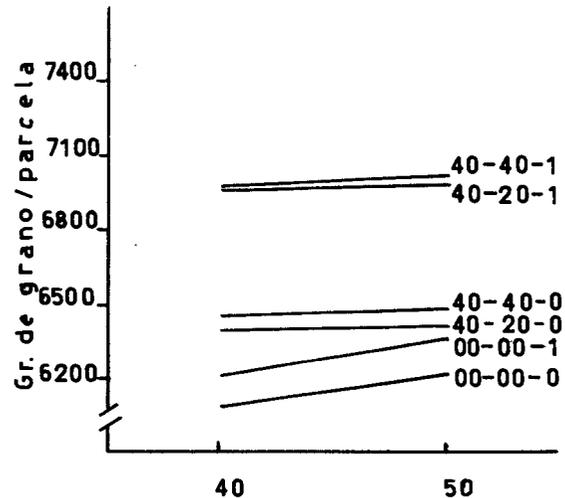
INTERACCION DE TRATAMIENTOS CON DENSIDAD EN EL RENDIMIENTO DE  
GRANO DE MADUREZ FISIOLOGICA.

	DENSIDAD 40-20-0	40-40-0	40-20-1	40-40-1	00-00-0	00-00-1	
40 KG	6,963	6,968	7,396	7,456	6,096	6,203	40,782
50 KG	6,980	7,030	7,480	7,489	6,216	6,352	41,482
	13,943	3,3998	14,516	14,940	12,312	12,555	



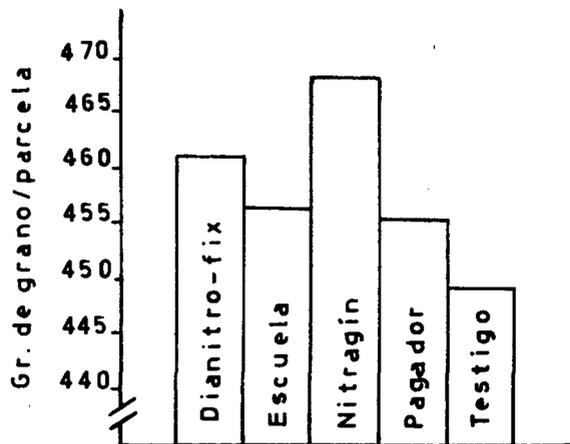
TRATAMIENTOS

Fig.12.-Efecto de los tratamientos en el rendimiento de grano en madurez fisiológica.



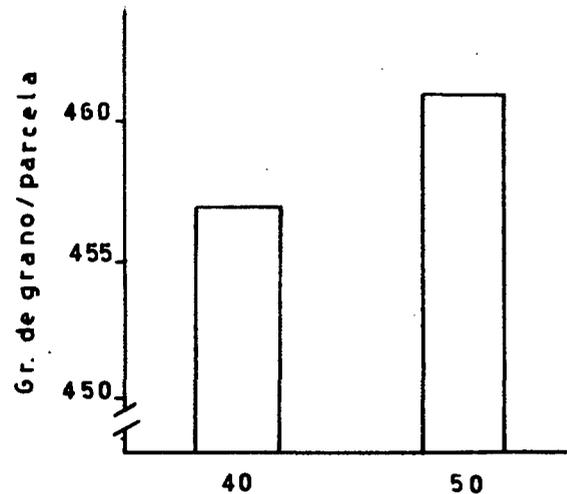
DENSIDAD Kg./sem./ha.

Fig.13.-Efecto de la interacción tratamiento-densidad en el rendimiento de grano en madurez fisiológica



#### INOCULANTES

Fig.10.-Efecto de la inoculación sobre el rendimiento de grano a madurez fisiológica.



#### DENSIDAD Kg./sem./ha

Fig.11.-Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de grano en madurez fisiológica.

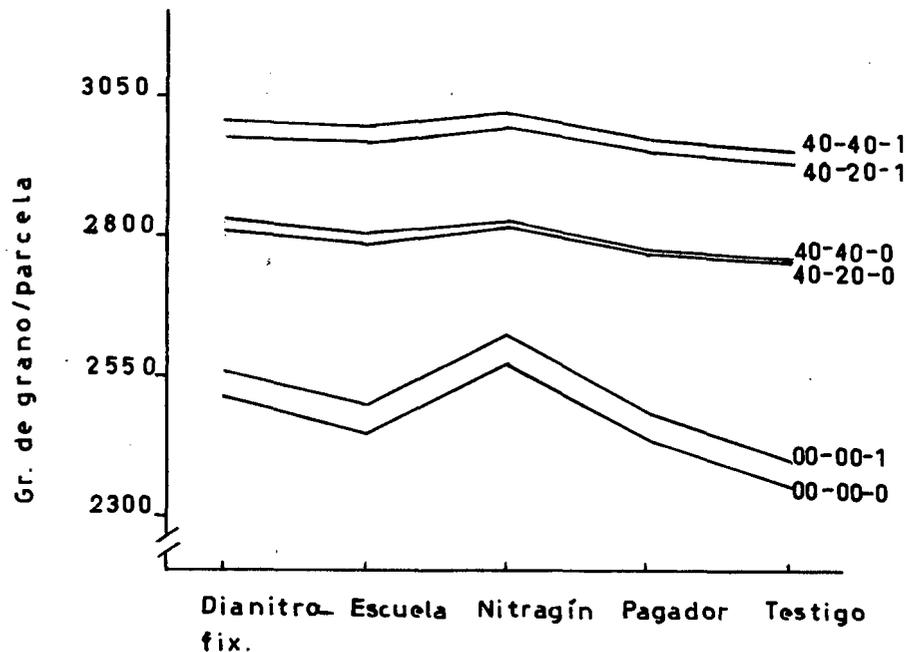


Fig.14.-Efecto de la interacción inoculantes con tratamientos de fertilización en el rendimiento de grano en madurez fisiológica

Es interesante observar que el tratamiento 00-00-1 superó al 00-000-0 solamente con la adición de micronutrientes en las dos densidades estudiadas (figura 13).

El efecto de micronutrientes para esta variable es notorio. Las condiciones de pH ligeramente ácidas favorecen la solubilidad de molibdeno, cobalto y del hierro, y son fácilmente aprovechables.

El efecto de interacción de nitrógeno, fósforo y micronutrientes es complicado, pero nos esclarece el uso de los fertilizantes.

## VI. CONCLUSIONES

### Metodología

1. El diseño estadístico fue efectivo para estudiar la eficiencia de los inoculantes y la respuesta a la fertilización.
2. Se considera importante estudiar en forma aislada los micronutrientes y la fertilización nitrogenada y fosfórica.
3. El apoyo del Laboratorio de Microbiología para cuantificar el aumento del Rhizobium sp. en el suelo puede verificar la respuesta a la inoculación en el campo.

4. El estudio de algunos factores en el invernadero como son: inoculantes, fertilización nitrogenada y fosfórica y micronutrientes puede ayudar a verificar los resultados obtenidos en campo.
5. La repetición de los tratamientos estudiados en el mismo terreno, puede revelar información importante en este tipo de trabajos.

### Resultados

#### 1. Materia seca

- 1.1. Nitragin tuvo mejor respuesta en materia seca
- 1.2. La densidad 40 kg/ha de semilla produjo mayor peso de materia seca
- 1.3. El tratamiento 40-40-1 resultó más efectivo en la producción de materia seca

#### 2. Nodulación

- 2.1. Nitragin produjo mejor nodulación
- 2.2. La densidad 40 kg/ha de semilla produjo mejor nodulación
- 2.3. El tratamiento 40-40-1 obtuvo mejor respuesta a la nodulación

#### 3. Rendimiento de grano

- 3.1. Nitragin tuvo mejor respuesta
- 3.2. La densidad 50 kg/ha de semilla produjo mayor peso de grano

3.3. El tratamiento 40-40-1 obtuvo el mayor promedio de grano

## VII. RESUMEN

La serie de estudios sobre inoculación con diferentes inoculantes en combinación con la fertilización N, P, K y micronutrientes han demostrado enorme complejidad. Se ha visto experimentalmente que la respuesta de los inoculantes comerciales hasta ahora no ha sido completamente positiva. Estos resultados obtenidos experimentalmente han sido prueba de la necesidad de crear inoculantes que sean producto de estudio profundo.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- a. Determinar la eficiencia de tres inoculantes comerciales y un inoculante exclusivo para suelos de Jalisco, en la nodulación y rendimiento de frijol.
- b. Estudiar la respuesta del frijol a la aplicación de diferentes tratamientos de N, P, Mo, Co, Fe y dos densidades de plantas.

Para llevar a cabo los propósitos expuestos se desarrolló un

experimento de frijol en terreno de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadajara. Se probaron las siguientes variables: a. Inoculantes (Dianitro-Fix, Escuela Nitragin, Paga dor y Testigo); b. Densidad de siembra (40 y 50 kg. semilla/ha); c. Un nivel de nitrógeno; d. Dos niveles de fósforo (20- y 40 kg/ha), y e. Dos niveles de micronutrientos (con y sin). El diseño estadístico fue bloques al azar con arreglo de parcelas subdivididas.

Al 90% de floración (60 días), se cuantificó el rendimiento de materia seca y nodulación, y en madurez fisiológica (105 días), se cuantificó el rendimiento de grano.

Los resultados más importantes fueron los siguientes:

La inoculación resultó efectiva para el rendimiento de materia seca, nodulación y rendimiento de grano; el mejor inoculante fue nitragin.

La densidad de 40 kg de semilla/ha produce mayor rendimiento en materia seca y mayor nodulación, pero menor rendimiento de grano en comparación a la de 50 kg de semilla/ha.

La fertilización con dosis altas de nitrógeno y fósforo (40-40) resultó positiva para las variables estudiadas.

La aplicación de micronutrientos fue efectiva cuando se aplicaron altas dosis de nitrógeno y fósforo. (40-40), y (40-20).

## VIII. BIBLIOGRAFIA

1. Alcalde B., Salvador. 1971. "La Acción Específica e Importancia de los Distintos Nutrimientos". Apuntes mecanografiados. Colegio de Post-graduados. Chapinco, México.
2. Bear, F. E. 1959. "Soils and Fertilizers". Fourth Edition. London, England. Edit. John Wiley & Sons Inc. New York, and Chipman and Hall Ltd. pp. 72-74
3. Cass, W. P. Smith and H. A. Pitman. 1958. "The Influence of Methods of Planting on the Effective Inoculation and Establishment of Subterranean Clover". J. Dept. of Agric. W. Australia. 16:61-79.
4. Chavez S., A. "Efecto de la Fertilización con N, P, Mo, Fe y Manejo de dos Cepas de Inoculantes Rh. phaseoli sobre la Nodulación, Acumulación de N y Rendimiento de Frijol"
5. Fred, E. B. and Waksman, S. A. 1928. Laboratory of General Microbiology. McGraw Hill Book Co. New York, N. Y.
6. Fred, E. B., I. L. Baldwin and McCoy, E. 1932. "Root Nodule Bacteria and Leguminous Plants". Madison. U.S.A.
7. Gaucher, G. 1971. "El Suelo y sus Características Agronómicas". Edit. Omega, S. A. Barcelona, España, p. 431,
8. Guerrezo L., M. E. 1963. "Nodulación y Simbiosis entre Rhizobium sp. y Algunas Leguminosas". Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Post-graduados de Chapinco, México,
9. Hallsworth, E. G. 1972. "Factor Affecting the Response of Grain Legumes to the Application of Fertilizers" IAEA Techn. Dept. 149 p. 1-16.
10. Hans W. Fassbender. 1978. "Química de Suelos". Turrialba, Costa Rica. Ed. IICA. p. 258.
11. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, S.A.R.H. "Algunos Factores que influyen en el Desarrollo de Rh. japonicum en las Raíces de Soya".
12. Marco Baro, L. "Manual de Tierras y Fertilizantes", Barcelona, España. pp. 76-85.
13. Massefield, G. B. 1965. "The Effect of the Organic Matter in Soil on Legume Nodulation", Experimental Agricultural Vol. 1(2):113-119.

14. Russell, E. W. y E. J. 1968. "Las Condiciones del Suelo y Crecimiento de las Plantas". 4a. Ed. Editorial Aguilar pp. 377-389 y 385-387.
15. Tisdale y Nelson, W. L. 1958. "Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes". 2da. Ed. Edit. McMillan Company. New York,
16. Valdez, R. M. 1969. En Memorias del IV Congreso de la Sociedad Mexicana de La Ciencia del Suelo. Tomo I:522-530.
17. Vincent, J. M. 1975. "Manual Práctico de Rhizobiología". 1a. Ed. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 1-17.
18. White, R. O., G. Nilsson-Leissner y H. C. Trumble. 1955. "Las Leguminosas en la Agricultura". Edit. F.A.O.