



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**

**EVALUACION DE LA INOCULACION DE CINCO VARIEDADES  
DE SOYA (Glycine max, L.) EN EL AREA DE  
ZUMPANGO DEL RIO, ESTADO DE GUERRERO**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO AGRICOLA**

P r e s e n t a :

**HECTOR RAMIRO BARLANDAS RENDON**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

# C O N T E N I D O

|  | Pág. |
|--|------|
| RESUMEN.....   | 1    |
| INTRODUCCION.....                                    | 4    |
| OBJETIVOS.....                                       | 6    |
| REVISION DE LITERATURA.....                          | 7    |
| I. IMPORTANCIA DE LA SOYA EN MEXICO.....             | 7    |
| II. DESARROLLO DE LA SIMBIOSIS.....                  | 12   |
| 2.1 Proceso de la infección.....                     | 12   |
| 2.2 Especificidad entre simbiosis.....               | 16   |
| 2.3 Fijación del nitrógeno.....                      | 18   |
| III. FACTORES QUE AFECTAN LA NODULACION.....         | 18   |
| 3.1 Temperatura.....                                 | 18   |
| 3.2 Humedad.....                                     | 21   |
| 3.3 Número de rizobios.....                          | 24   |
| 3.4 Tipos de inoculante e inoculación.....           | 26   |
| 3.5 Fertilización.....                               | 29   |
| IV. IMPORTANCIA DE LA INOCULACION.....               | 32   |
| V. ASPECTOS AGRONOMICOS DEL CULTIVO DE LA SOYA.....  | 36   |
| MATERIALES Y METODOS.....                            | 43   |
| 1. Características generales del área de estudio.... | 43   |
| 1.1 Localización.....                                | 43   |
| 1.2 Suelo.....                                       | 43   |
| 1.3 Clima.....                                       | 44   |
| 1.4 Vegetación.....                                  | 44   |
| 2. Determinaciones físicas y químicas de los suelos. | 44   |
| 3. Descripción de los experimentos.....              | 47   |
| 3.1 Preparación del terreno.....                     | 51   |
| 3.2 Siembra.....                                     | 51   |
| 3.3 Inoculación.....                                 | 52   |

|  | Pág. |
|--|------|
| 3.4 Fertilización.....                       | 52   |
| 3.5 Combate de plagas y enfermedades.....    | 53   |
| 4. Preparación de los inoculantes.....       | 53   |
| 5. Análisis estadísticos.....                | 54   |
| RESULTADOS Y DISCUSION.....                  | 54   |
| 1. Resultados de los análisis del suelo..... | 54   |
| 2. Experimento 1.....                        | 61   |
| 3. Experimento 2.....                        | 67   |
| CONCLUSIONES.....                            | 84   |
| BIBLIOGRAFIA.....                            | 88   |
| APENDICE.....                                | 97   |

## INDICE DEL APENDICE

| Cuadro<br>No. |   | Página |
|---------------|---|--------|
| 1             | Análisis de varianza de la altura por planta. Experimento 1.....                | 98     |
| 2             | Análisis de varianza del número de nódulos por planta. Experimento 1.....       | 98     |
| 3             | Análisis de varianza del peso por grano. Experimento 1.....                     | 99     |
| 4             | Análisis de varianza del porcentaje de protefina en grano. Experimento 1.....   | 99     |
| 5             | Análisis de varianza del rendimiento (Kg/ha.) Experimento 1.....                | 100    |
| 6             | Análisis de varianza de la altura por planta. Experimento 2.....                | 100    |
| 7             | Análisis de varianza en peso seco por planta. Experimento 2.....                | 101    |
| 8             | Análisis de varianza del número de nódulos por planta. Experimento 2.....       | 101    |
| 9             | Análisis de varianza del número de vainas por planta. Experimento 2.....        | 102    |
| 10            | Análisis de varianza del peso por grano. Experimento 2.....                     | 102    |
| 11            | Análisis de varianza del porcentaje de fósforo en follaje. Experimento 2.....   | 103    |
| 12            | Análisis de varianza del porcentaje de protefina en follaje. Experimento 2..... | 103    |
| 13            | Análisis de varianza del porcentaje de protefina en grano. Experimento 2.....   | 104    |
| 14            | Análisis de varianza del rendimiento en grano (Kg/ha.). Experimento 2.....      | 104    |

## RESUMEN

Estimando la gran importancia que tiene el cultivo de la soya (Glycine max L.) por sus grandes cualidades nutritivas, entre las que sobresale su contenido protéico de alrededor del 40%, sus amplios usos industriales y la insuficiente producción de esta leguminosa en el país, se hace necesario mejorar su cultivo en algunas regiones e impulsarlo en otras. Para este propósito, una de las prácticas agrícolas más importantes en el establecimiento de este cultivo es la inoculación, aprovechando de esta manera un recurso biológico como lo es la bacteria Rhizobium japonicum, que al establecerse en simbiosis con la soya, le proporciona el nitrógeno que fija de la atmósfera. De esta manera, se disminuye notablemente el uso de fertilizantes nitrogenados los cuales, además de ser caros sólo son aprovechables parcialmente.

Se realizaron dos experimentos de campo, uno bajo condiciones de temporal (experimento 1) y otro bajo condiciones de riego "mínimo" (experimento 2), con la finalidad de introducir este cultivo en el área de Zumpango, Gro. Para este fin, se probaron cinco variedades de soya y seis capas de Rhizobium japonicum. Se utilizó un diseño experimental en parcelas divididas con bloques al azar, probándose seis tratamientos con tres repeticiones. Las variables de respues-

ta utilizadas para evaluar estos experimentos fueron altura de planta, número de vainas por planta, peso por grano, rendimiento de grano y porcentaje de proteína en grano, en el experimento 1; para el experimento 2 se consideraron, además de las anteriores, el peso seco en planta, número de nódulos por planta, porcentaje de fósforo en planta y porcentaje de proteína en follaje. La densidad de siembra fue de 500 000.0 plantas/ha.

En el experimento 1, no obstante que la precipitación durante el ciclo fue la más baja en esta región en los últimos 15 años, las tres variedades de soya probadas sobrevivieron hasta la producción de grano. La variedad BM2 dio un rendimiento de 179 Kg/ha., en comparación con los 116.8 Kg/ha. de la variedad CB y 69.3 Kg/ha. de la CM. En cuanto a las demás variables de respuesta no hubo diferencias estadísticamente significativas; probablemente por efecto de la precipitación tan reducida. Se hace notar que el cultivo de maíz, sembrado simultáneamente a la soya, desapareció totalmente a las tres semanas después de su emergencia como consecuencia de la sequía.

En el experimento 2, las condiciones de riego "mínimo" establecidas para simular un temporal normal, permitieron obtener mejores resultados. En este experimento se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre variedades, comprobándose que la variedad BM2 fue la

mejor adaptada, con un rendimiento de 841.69 Kg/ha, en comparación con 578.7 Kg/ha de la variedad RAX y de 467.87 Kg/ha de la variedad Bragg.

En cuanto a la evaluación de la fijación biológica del nitrógeno, se encontró que la cepa 7 fue la mejor con las variedades BM2 y RAX, no así con la variedad Bragg. En las dos primeras variedades se tuvieron 7 y 6 nódulos por planta a nivel de cuello, respectivamente, y su eficacia en la fijación de nitrógeno se demuestra por la diferencia entre los subtratamientos (inoculados y testigos). En el subtratamiento con la cepa 7, se obtuvieron los mayores porcentajes de proteína en grano, 41.64% y 42.45%, correspondientes a las variedades BM2 y RAX, en comparación con los porcentajes obtenidos con los testigos negativos en estas dos variedades, 29.62% y 39.18%, respectivamente. Al subtratamiento inoculado con la cepa 7 correspondieron además los más altos rendimientos en grano, 974.16 Kg/ha y 665.96 Kg/ha, con las variedades BM2 y RAX respectivamente; en comparación con el testigo negativo de estas dos variedades con el que se obtuvieron 797.1 Kg/ha y 495.93 Kg/ha, respectivamente.

Se puede concluir que la soya, por su resistencia a la sequía, constituye una alternativa para las zonas de temporal.

Se considera que, para mejorar los rendimientos en esta área, es necesario investigar aún más sobre densidad y época de siembra, lo que permitirá mejorar los rendimientos.

## INTRODUCCION

La soya ocupa a nivel mundial un lugar muy importante entre los alimentos básicos. Su importancia se debe, en primer lugar, a su elevado contenido en proteína (alrededor del 40%) y en segundo lugar a sus amplios usos industriales. La mayoría de los países en desarrollo se enfrentan actualmente a una crisis económica en la cual uno de los problemas más agudos es el encarecimiento de las fuentes tradicionales de proteína de origen animal, y a una insuficiente producción de proteínas de origen vegetal de buena calidad; esto ha conducido a que la gente de bajos ingresos, tenga una dieta pobre en proteínas, incrementándose por lo tanto el problema de la desnutrición. Lo anteriormente expuesto hace notar la importancia de impulsar el consumo directo de este grano en la dieta humana, como un medio para elevar el nivel nutricional de la población a menor costo. Para este propósito, es necesario extender el cultivo de esta leguminosa a nuevas áreas del país, siendo particularmente importante su introducción en zonas agrícolas de temporal, donde el maíz constituye el cultivo predominante, el cual empobrece en un alto grado el suelo,

es de bajo valor nutritivo y, actualmente, de baja rentabilidad para el agricultor. Por esta razón, es importante considerar que la soya puede convertirse en un medio muy importante para mejorar la alimentación humana, disminuyendo el desgaste del suelo y aumentando la rentabilidad de la tierra.

Al llevar a cabo la introducción de este cultivo a nuevas áreas, se ha pensado que, entre otras prácticas agrícolas para su cultivo, la inoculación ocupa un lugar muy importante, pues es ya bien conocido que las leguminosas son capaces de establecer una asociación simbiótica con bacterias del género Rhizobium, dando por resultado la formación de nódulos radiculares en donde se lleva a cabo el proceso de fijación del nitrógeno atmosférico. El usar fertilizantes nitrogenados en dosis elevadas en leguminosas, pasando por alto la fijación biológica del nitrógeno, resulta económicamente desventajoso, considerando que los fertilizantes químicos derivan del petróleo y dada la crisis mundial de energéticos, cada vez resulta más costosa su aplicación. Por otra parte, la fijación biológica del nitrógeno constituye un recurso biológico que produce aumentos satisfactorios en la producción a un costo mucho menor, ya que para obtener una producción de alrededor de 2500 Kg/ha. de soya, ésta necesitaría absorber aproximadamente unos 200 Kg.N/ha., que de proporcionarse por medio

de fertilización química, se requerirían aplicar alrededor de 1500 Kg. de sulfato de amonio/ha. para proporcionar 300 Kg.N/ha., elevándose considerablemente los costos de producción (Hinson, K. y Hartwing, E. E., 1978); mientras que, una nodulación buena y efectiva, puede proporcionar de 260 a 310 Kg.N/ha. utilizable para el desarrollo de la soya (Bezdicsek, D. F. et al., 1978; Muldoon, J. P. et al., 1980).

A pesar de que la inoculación de las leguminosas se practica en forma intensiva en la mayoría de los países desarrollados desde hace más de 40 años, en México este tipo de fertilización biológica es desconocida por la gran mayoría de los agricultores que practican la agricultura tradicional, en las zonas de temporal principalmente. Hasta la fecha únicamente en reducidas áreas del país, con tecnología agrícola avanzada se conoce y se practica la inoculación de algunas leguminosas; no obstante, el inoculante que se produce comercialmente en el país no cubre totalmente la demanda; además su control de calidad y manejo es muy frecuentemente inadecuado; razón por la que no se obtienen los resultados esperados.

Por lo anterior, en el presente trabajo se han planteado los siguientes objetivos:

#### O B J E T I V O S

1. Introducir el cultivo de la soya en el área de Zumpan-

go, Gro., con el propósito de evaluar el desarrollo de algunas variedades en esta región, y de dar a conocer la importancia de la soya como cultivo básico y como una fuente de proteína para consumo humano.

2. Establecer por primera vez la técnica de la inoculación con Rhizobium en esta área, comparando este tipo de fertilización biológica con la fertilización química tradicional.

## REVISION DE LITERATURA

### I. IMPORTANCIA DE LA SOYA EN MEXICO

Las propiedades alimenticias e industriales de la soya la colocan entre los cultivos más importantes a nivel mundial. Es particularmente importante su contenido elevado de proteína (alrededor del 40%), de una calidad comparable a la de origen animal (carne, leche, pescado y huevos), lo que significa una fuente de aminoácidos esenciales para la dieta animal y humana. Un Kg. de harina integral de soya contiene tanta proteína como 2.27 kilos de carne, 6 docenas de huevo, 15 litros de leche ó 2 kilos de queso; además, esta proteína se puede obtener a un menor costo, resultando 30 veces más barata que la proteína de carne de res. En su cultivo se pueden obtener 2500 Kg. de grano/ha., lo que equivale a 1000 Kg. de proteína en una hectárea, en un período de 3 a 5 meses; en cambio, para producir la

misma cantidad de proteína en carne, se necesitaría de 100 cabezas de ganado y 250 has. para suministrar forraje al ganado (Banafunzi, 1982).

Por otra parte, casi toda la pasta que queda de la extracción del aceite, es usada para la elaboración de alimentos balanceados para animales, lo que se considera una forma indirecta e ineficaz de utilizar las proteínas de la soya para la alimentación humana (Hinson y Hartwing, 1978).

Entre una gran variedad de productos alimenticios derivados de la soya, se tiene el aceite comestible, margarinas y mayonesas; en este aspecto la soya ocupa además, un lugar muy importante como oleaginosa a nivel mundial. Como productos industriales no comestibles importantes se pueden mencionar: ceras, pulidores, cintas para máquina y grabadoras, linoleos, adhesivos, entre otros (Honeymead Products Company).

El cultivo de la soya es, relativamente, de reciente introducción en México, los primeros trabajos datan del año 1911. El segundo intento para introducir este cultivo en México fue en el año de 1928, en la Escuela de Chapingo, Méx. Para 1932 ya se había logrado la adaptación de cuatro variedades de soya en campos experimentales (Crispín, 1970).

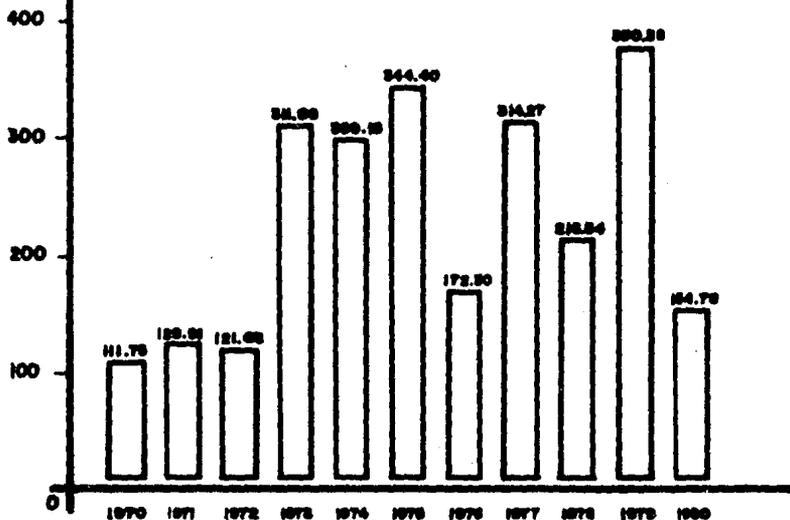
En 1958 se cultivaron las primeras 300 has. en So-

nora (CIANO, 1974). No obstante, el cultivo a escala comercial en México se inició en 1959, cuando se sembraron en el valle del Yaqui 1600 has. con un rendimiento medio de 800 Kg./ha. Para 1969 se destinaban a este cultivo 152 000 has. en el Estado de Sonora, con un rendimiento de 2,242 Kg./ha., este incremento en la producción obedeció a un mejor manejo del cultivo, particularmente en lo referente al uso y adaptación de nuevas variedades, prácticas de cultivo óptimas, uso de semilla de buena calidad, calendario de riegos, fertilización, control de plagas y enfermedades, etc.

En la gráfica 1, se muestra la superficie destinada a este cultivo a nivel nacional, apreciándose un crecimiento hasta 1975. De este año a la fecha, esta superficie ha tenido altas y bajas, registrándose un rendimiento promedio de 1800 Kg./ha. desde 1960 hasta la fecha (CIANO 1974).

El consumo de soya per cápita ha venido aumentando desde 1972 (Gráfica 2), lo que ha traído como consecuencia un incremento en la importación de grano de soya (Gráfica 3). Ante esta situación, es necesario aumentar la superficie destinada a este cultivo en el país, así como mejorar las prácticas agrícolas para aumentar la producción, de tal forma que se reduzcan las importaciones y se contribuya a elevar el nivel nutricional de la población.

MILES  
DE Hec.

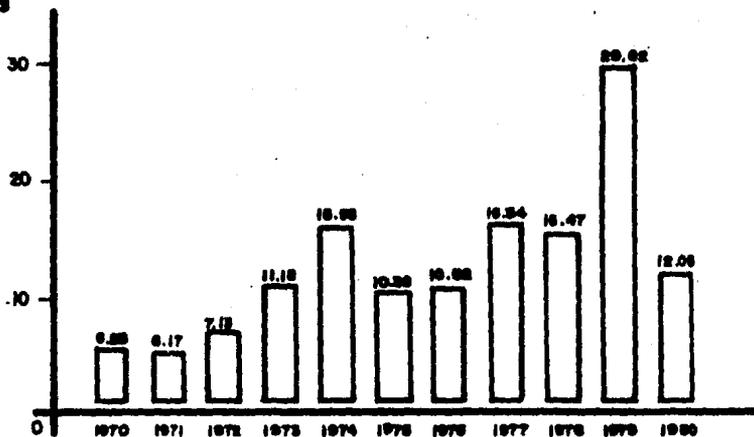


(1970 - 1980)

**GRAFICA Nº 1 SUPERFICIE ANUAL DESTINADA AL CULTIVO DE SOYA +**

+ FUENTE: S.A.R.H. DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGRICOLA

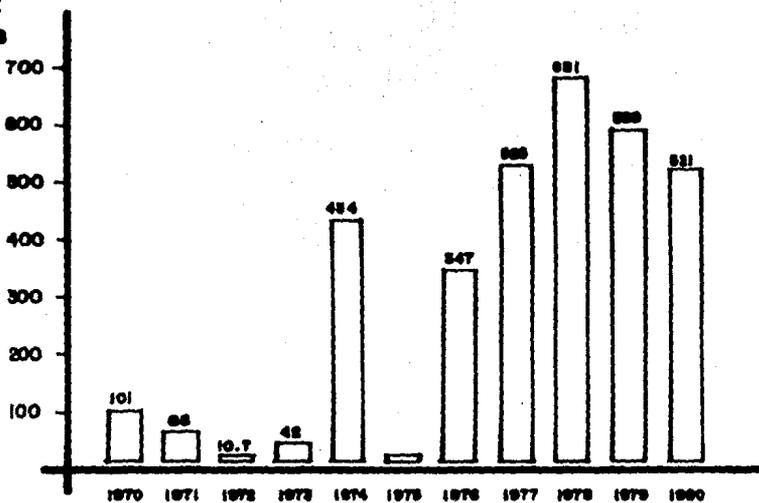
KILOGRAMOS



**GRAFICA Nº 2 CONSUMO DE SOYA PERCAPITA (1970- 1980)**

+ FUENTE: S.A.R.H. DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGRICOLA

MILES DE  
TONELADAS



GRAFICA N° 3 PRODUCCION ANUAL DE SOYA EN GRANO (1970-1980)+

+ FUENTE: S.A.R.H. DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGRICOLA.

## II. DESARROLLO DE LA SIMBIOSIS

### 2.1. Proceso de la infección.

Una asociación simbiótica de Rhizobium con leguminosas resulta en el desarrollo de una estructura radicular especializada conocida como nódulo, donde el nitrógeno atmosférico es fijado por los rizobios.

Carlson (1973) menciona que los nódulos pueden ser iniciados en la soya por Rhizobium japonicum tan pronto como los pelos radiculares están presentes sobre la raíz primaria o secundaria. Así mismo Bhuvaneweri et al., (1980) mencionan que al parecer, el proceso de infección para la nodulación se inicia normalmente en las células de la epidermis que han terminado su elongación pero que no han alcanzado el estado de pelo radicular emergente, dado que no han alcanzado el estado de pelo radicular emergente, ya que en cortes de seccionamiento seriado de pelos radiculares, estos autores encontraron desarrollo de la infección sólo en pelos radiculares cortos y emergentes.

En el desarrollo de la estructura nodular el paso inicial parece involucrar la liberación de productos de excreción vegetal, tales como el triptofano que son estimulantes para Rhizobium y bacterias en general, las cuales producen a la vez sustancias que son estimulantes para la

planta como el ácido Indolacético (Alexander, 1980).

Hughes (1981) menciona que ocurre un mutuo reconocimiento entre Rhizobium y las leguminosas. La especificidad puede residir en la capacidad de algunos componentes encontrados sobre las superficies de las células radicales, estos componentes son las lectinas, las cuales son proteínas o glicoproteínas, que se enlazan específicamente con azúcares, incluyendo aquellos carbohidratos complejos encontrados sobre la superficie de las células bacterianas. De esta manera los polisacáridos capsulares de Rhizobium japonicum se enlazan específicamente con las lectinas de la soya; por lo tanto, los sitios receptores sobre los pelos radiculares reconocen el polisacárido capsular de su Rhizobium correspondiente. Posteriormente, el pelo radicular sufre una deformación o enroscamiento bajo la influencia de algunos productos bacterianos como el ácido Indolacético. Los pelos deformados son penetrados en la primera fase de la infección real, en esta etapa, la pared del pelo radicular se invagina hasta convertirse en una estructura tubular. Siguiendo la penetración microbiana dentro del pelo radicular, se forma un cordón de infección parecido a una hifa, que se ramifica dentro de lo que se convertirá en un nódulo en desarrollo. Las bacterias se liberan dentro del citoplasma de las células radiculares, y poco antes o inmediatamente después de la liberación tiene lugar un período de rápida división celular en la raíz.

Bral y Shantharam (1980) mencionan que después de la gran proliferación de Rhizobium dentro de las células de la raíz, estas bacterias sufren cambios bioquímicos en sus membranas celulares, mientras la célula huésped engloba a las bacterias con una membrana proveniente de su membrana plasmática. Fragmentos de la membrana externa de Rhizobium son desechados durante la transformación de bacterias a bacteroides, las cuales persisten dentro de la membrana envolvente. Estos residuos de membranas tienen diminutas proyecciones sobre su superficie. Características estructurales semejantes se observan también en la parte externa de los rizobios crecidos en caldo de cultivo, por tanto, estos fragmentos de membrana parecen ser parte de la membrana externa de las bacterias que pudieron haber sido desechados durante su transformación a bacteroides.

Carlson (1973) considera a los bacteroides alojados dentro de la membrana envolvente como vacuolas infectantes, las cuales contienen de dos a ocho bacteroides. Estas vacuolas pueden estar interconectadas por medio de túbulos de membrana plasmática. Después de la infección, se inicia la síntesis gradual de leg-hemoglobina en el tejido de la célula huésped; dos semanas después de ésta, el tejido adquiere una coloración de rosa a rojiza, característica que se mantiene hasta el decaimiento de la actividad del nódulo. La vascularización se hace evidente aproximadamente de 3 a

5 días después de la invasión del pelo radicular; cuando la infección ha penetrado 2 ó 3 capas corticales, a la vez, continua la división de las células del parénquima cortical. Dos o tres semanas después de la infección aproximadamente, una envoltura de esclerénquima se diferencia sobre la corteza externa del tejido vascular; esta envoltura se madura totalmente a las cuatro semanas posteriores a la infección, y previene cualquier nuevo incremento en el tamaño del nódulo. Las diferentes etapas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Cronología de la nodulación.

| Edad del nódulo<br>(días) | Estadio de nodulación  |
|---------------------------|--|
| 0                         | Invasión inicial de pelos radiculares de células epidérmicas ordinarias por <u>Rhizobium</u> .   |
| 1-2                       | El hilo de infección alcanza la base de la célula epidérmica y entra a la corteza.   |
| 3-4                       | Pequeña masa de células infectadas en el primordio del nódulo; el filamento del procambio se extiende del nódulo a las células corticales de la raíz.  |
| 5                         | División bacteriana y de la célula huésped muy rápida que continúa por dos semanas.  |
| 7-9                       | Nódulo visible; el procambio del sistema vascular del nódulo aparece en la base del nódulo y se desarrolla hacia el ápice del nódulo.  |
| 12-18                     | Crecimiento continuo de todos los tejidos del nódulo; peridermo presente; algunas células maduran en la capa del esclerénquima; el sistema vascular forma una red dentro de la corteza del nódulo; el tejido |

- bacteriano es rosa al final de este período y la fijación de nitrógeno se inicia.
- 23 La mayor parte de la división bacteriana y células huésped ha cesado; el nódulo continúa su crecimiento por casi dos semanas más; período activo de la fijación de nitrógeno.
- 28-37 El nódulo alcanza su máximo tamaño; el tejido vascular y de esclerenquima maduran; la fijación de nitrógeno continúa hasta que la degeneración del nódulo principia.
- 50-60 Degeneración del nódulo.
- 

Los tiempos absolutos pueden variar con las condiciones de cultivo, tiempo de infección, variedad de soya y otros factores.

## 2.2 Especificidad entre simbioses.

Se ha encontrado que el carácter de la no nodulación se regula por un par de genes recesivos, designados como *rj1* (Hinson y Hartwing, 1978).

Devine y Breithaupt (1980) mencionan que una asociación simbiótica fijadora de nitrógeno es formada normalmente cuando la bacteria *Rhizobium japonicum* infecta y nodula plantas de soya. Sin embargo, se han encontrado varias interacciones bajo el control genético de la planta huésped, han sido reportadas ya sea, una nodulación baja, o bien una nodulación ineficaz para fijar el nitrógeno, a pesar de una formación abundante de nódulos; los pares de genes que provocan estas dos situaciones se han denominado *rj2* y *rj4*;

mientras que la no nodulación de la soya es debida al par de genes *rj1* en condición de homocigo recesivo.

Pulver et al., (1982) mencionan que existen variaciones en el genotipo de la soya para reconocer y formar una simbiosis con diversas especies de Rhizobium. Los trabajos realizados en Tanzania y Nigeria, concluyen que la selección continua de la soya en los EE.UU., en suelos donde fue introducido Rhizobium japonicum, resultó en el desarrollo de material que es compatible con R. japonicum pero no con Rhizobium sp. Por otra parte Bromfield y Roughley (1980), sugieren que R. japonicum, es un grupo especializado dentro de Rhizobium sp.

Awai (1981) menciona que la soya sólo es nodulada por rizobios específicos como es Rhizobium japonicum. En áreas nuevas al cultivo estos organismos están ausentes del suelo, por lo que la inoculación con Rhizobium japonicum es necesaria. Sin embargo, en Trinidad encontraron nodulación de soya por cepas nativas; y al comparar la producción de soya entre plantas inoculadas con cepas importadas, y plantas noduladas con cepas nativas, encontraron un incremento en los dos casos, pero fue significativamente mayor en plantas noduladas por cepas nativas; lo que se atribuye a una mejor adaptación de éstas y, por tanto, más adecuadas para usarse como inoculante.

Keyser et al., (1981) encontraron tipos de Rhizobium de crecimiento rápido, aislados de nódulos colectados en China, los cuales sólo eran efectivos con variedades de soya de China. Con las variedades de soya mejoradas de los EE.UU., estas cepas resultaron ser no efectivas o pobremente efectivas en la fijación de nitrógeno.

### 2.3 Fijación del nitrógeno.

Brill (1975) menciona que de todos los organismos fijadores de nitrógeno, el agente responsable de la fijación es la enzima nitrogenasa, la cual cataliza la conversión de nitrógeno molecular en amoníaco. Además, discute que existen algunas cepas de Rhizobium que sintetizan hidrogenasa, una enzima que convierte el hidrógeno molecular en electrones y protones para ser re-usados por la nitrogenasa. La hidrogenasa puede, por lo tanto, servir como una clase de regulador que debe convertir a las bacterias fijadores de nitrógeno en más eficaces energéticamente.

## III. FACTORES QUE AFECTAN LA NODULACION

### 3.1 Temperatura.

El efecto de la temperatura es muy complejo, manifestándose de manera diferente según las especies de leguminosas y las cepas de Rhizobium. Algunos de los aspectos más importantes de la simbiosis Rhizobium-leguminosa que son afectados por este factor son los siguientes:

1. El crecimiento y la supervivencia de Rhizobium en la rizósfera.
2. La formación de pelos absorbentes.
3. El enlace de las células de Rhizobium a las células de los pelos absorbentes.
4. La formación de la infección.
5. La estructura, crecimiento y desarrollo de los nódulos de la raíz.
6. El contenido de leg-hemoglobina en los nódulos.
7. La actividad de la enzima nitrogenasa y consecuentemente, el contenido de nitrógeno en la planta.

Las plantas que dependen de la fijación simbiótica de nitrógeno, son más sensibles a las altas temperaturas, comparadas con las plantas que no dependen de este proceso (Munévar, 1981).

En experimentos con ambiente controlado (temperatura), se encontró que la actividad específica del nódulo declina con el incremento de la temperatura (Raper, 1980). Este mismo autor en otro experimento, menciona que la actividad total de los nódulos fue significativamente más baja en plantas que se desarrollaron a 30° C en el día y 18° C en la noche, que en aquellas plantas desarrolladas a 22° ó 26° C en el día y 18° C en la noche. Al incrementarse la temperatura, a nivel radicular en soya, se producía un efecto negativo sobre la nodulación. El número y peso de los nódulos fue significativamente más bajo a 34° C que a 28° C, y a 40° C no hubo formación de nódulos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de la temperatura radicular sobre la nodulación.

| Temperatura<br>(°C)               | Tratamiento                  |          |              |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------|----------|--------------|------------------------------------|
|                                   | Inoculado<br>(cepas)         |          | No inoculado |                                    |
|                                   | 587                          | USDA 110 | USDA 38      | 12 mM NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |
|                                   | Número de nódulos por planta |          |              |                                    |
| 28                                | 54.3                         | 32.3     | 31.3         | 0.0                                |
| 34                                | 42.7                         | 4.7      | 1.0          | 0.0                                |
| 40                                | 0.0                          | 0.0      | 0.0          | 0.0                                |
| S.D. 0.05 T, 5.7; 1,3.5; TX1,7.8. |                              |          |              |                                    |

El hecho de que a 34° C se presente una disminución del crecimiento de las plantas que dependen de la fijación de nitrógeno, comparadas con plantas que a la misma temperatura se les aplicó una fuente de nitrógeno, sugiere que el sistema simbiótico es el afectado adversamente por la temperatura, y no otros procesos fisiológicos de la planta.

En experimentos similares para evaluar el efecto de la temperatura y la aplicación de nitratos en la velocidad de crecimiento, acumulación de nitrógeno y en la reducción del acetileno en soya se encontró que, a temperaturas de 22 a 26° C en el día, y de 18 a 22° C en la noche, con aplicaciones diarias de nitratos (bajas de 2.1 mM y altas de 21.4 mM), en soluciones completas en nutrimentos y libras de nitratos, se encontró una interacción favorable

para el desarrollo y actividad de los nódulos, entre la temperatura y nitratos. Este efecto se manifestó al encontrarse el mayor incremento en materia seca y acumulación de nitrógeno, cuando las temperaturas fueron de 22 a 26° C en presencia de altas concentraciones de nitratos, y más bajo en ausencia de nitratos. Estos resultados permitieron detectar un efecto negativo en la formación y actividad de los nódulos, a temperaturas de 26° C al inicio del crecimiento de las plantas (Jones, 1981).

Munévar (1981) encontró que las cepas en simbiosis afectadas por el incremento de la temperatura, de 28° C a 40° C, también tuvieron una respuesta similar a este incremento de temperatura en cultivos puros. Por lo anterior este autor sugiere para asegurar la nodulación, el aislamiento y uso de las cepas más resistentes a los incrementos de temperatura; cuando las temperaturas altas son el factor limitante para la simbiosis.

### 3.2 Humedad.

Se ha demostrado que un déficit hídrico inhibe la formación de nódulos, y el crecimiento de los preexistentes en numerosas leguminosas determinando, en consecuencia, una apreciable disminución de la fijación del nitrógeno atmosférico. Rathore (1981) encontró una reducción significativa en el peso total de los nódulos, causada por falta de humedad al principio de la floración. La falta de humedad en

los diferentes estados del desarrollo fisiológico de la planta, no reduce significativamente el contenido de batesoides, pero el contenido de leg-hemoglobina fue reducido significativamente por falta de humedad, tanto al inicio de la formación del nódulo como al inicio de la floración. Se observó además, una marcada reducción en la asimilación de nitrógeno al inicio de la floración.

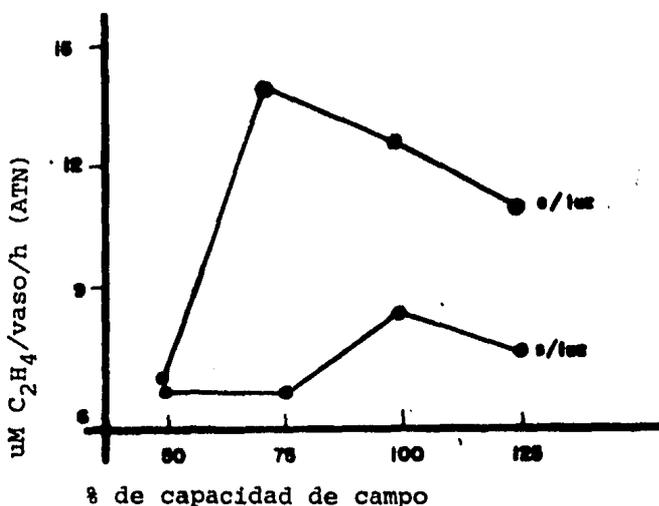
El efecto de la falta de humedad puede afectar directa o indirectamente la fijación de nitrógeno. El efecto directo es sobre la desecación del nódulo, lo que trae consecuentemente una baja fijación del nitrógeno. Por otra parte, un exceso de agua trae como consecuencia la saturación de los poros del suelo y, por lo tanto, una baja difusión del  $O_2$  necesario para el buen desarrollo y funcionamiento de los nódulos. Indirectamente, se afecta la cantidad y calidad del follaje, lo que trae un reducido porcentaje de fotosíntesis y, por lo tanto, una baja asimilación del  $CO_2$  necesario para la producción de los fotosintatos indispensables para la simbiosis (Sivakumar, 1978; Rathore, 1981 y Brose, 1979).

En el Cuadro 2 se muestra que la sequía provoca una fuerte disminución en el número y diámetro de los nódulos, en comparación a las plantas mantenidas en "capacidad de campo" (Racca, 1980 y Muldoon, 1980).

Cuadro 2. Efecto de un período de falta de humedad y del  $AG_3$  (ácido giberélico), sobre el número y diámetro de los nódulos en soya.

| Tratamientos                      | C.C.  |       | Sequía |       | C.C.+ $AG_3$ |       | Sequía+ $AG_3$ |       |
|-----------------------------------|-------|-------|--------|-------|--------------|-------|----------------|-------|
| Fechas de recuento de nódulos     |       |       |        |       |              |       |                |       |
|                                   | 24-10 | 31-10 | 24-10  | 31-10 | 24-10        | 31-10 | 24-10          | 31-10 |
| Nº. de nódulos                    | 97    | 240   | 106    | 59    | 98           | 51    | 45             | 46    |
| Diámetro promedio de nódulos (mm) | 4.5   | 4.0   | 2.5    | 3.5   | 5.0          | 4.5   | 2.5            | 1.0   |

Brose (1979) encontró que la mayor actividad de la fijación de nitrógeno se da entre 75% y 100% de capacidad de campo (Gráfica 4).



Gráfica 4. Variación de la actividad total en la variedad de soya Bragg, en función de diferentes niveles de humedad.

### 3.3 Número de rizobios.

En suelos carentes de Rhizobium, la nodulación depende de los rizobios aplicados durante la inoculación de la semilla. Se ha encontrado que, por lo menos,  $2 \times 10^5$  células de Rhizobium por semilla se requieren en la siembra de soya para obtener una nodulación efectiva. En otros estudios se tuvieron incrementos en la nodulación y producción de soya al aumentar el número de rizobios a  $3.75 \times 10^5$  por semilla, pero no con poblaciones mayores (Hiltbold, 1980).

Hinson (1969) aumentando diez veces el porcentaje de inoculante recomendado, a base de arena húmeda, obtuvo sólo un 63% más de nódulos.

Boonkerd (1978) al incrementar el porcentaje de inoculación, con la cepa 62 cultivada en Beltsville, detectó un incremento en el porcentaje de los sitios de infección, a favor de esta cepa en competencia con las nativas. Con inóculos de turba en relación de 1X y 10X, el porcentaje de nódulos formados, por la cepa 62, a 10%, 20% y 38% respectivamente, sobre el control no inoculado.

Hiltbold (1980) menciona que los inoculantes comerciales varían ampliamente en el número de rizobios viables, desde menos de  $10^3$  a más de  $10^8$  por gramo. Sin embargo, Muldoon (1980) y Bezdiecek (1978) mencionan una variabilidad en los inoculantes comerciales de  $10^5$  a  $10^{10}$ , cuando

fueron mantenidos en condiciones óptimas.

Productos que proveen, aproximadamente,  $10^3$  Rhizobia por semilla generalmente no llegan a producir nodulación, aún algunos productos que proveen de  $10^4$  a  $10^5$  Rhizobia por semilla, producen una nodulación pobre (Hiltbold, 1980).

Muldoon (1980) y Manguiat (1981) mencionan haber obtenido la mejor producción de soya cuando se han tenido poblaciones de rizobios de  $10^5$  a  $10^6$  por semilla.

Se considera que un buen inoculante debe tener, como mínimo  $10^7$  rizobios por gramo para ser considerado de una calidad aceptable (Skipper, 1980 y Hiltbold, 1980).

Ciertos productos son premezclados con fungicidas y/o sales de molibdeno, para proteger la semilla de enfermedades y proveer este micronutriente esencial para la fijación de nitrógeno. Se ha demostrado que la nodulación de la soya se reduce significativamente, cuando fungicidas o molibdeno son premezclados con un inoculante a base de turba; sin embargo, se ha obtenido nodulación efectiva cuando el molibdeno y el inoculante se han aplicado separadamente a las semillas, y éstas han sido sembradas inmediatamente (Skipper, 1980 y Hiltbold, 1980).

Skipper (1980) también menciona que la calidad del inoculante puede verse deteriorada por el almacenamiento y/o manejo inadecuado.

### 3.4 Tipos de inoculante e inoculación.

Con frecuencia los inoculantes están disponibles sólo en cantidades limitadas, además de que se deben tomar en consideración durante su uso varias precauciones. Para una exitosa inoculación con Rhizobium, uno de los requerimientos es sembrar la semilla de la leguminosa inmediatamente después de la inoculación, que debe hacerse a la sombra, esperando con ello minimizar la muerte de los rizobios entre la inoculación y la siembra (Manguiat, 1981).

A partir aproximadamente de 1972, algunos fabricantes empezaron a vender inoculantes granulares y cultivos en caldo congelados y concentrados para la inoculación directa del suelo. Los cultivos granulares y de caldo concentrado son más caros y exigen técnicas especiales de aplicación, no obstante, son más eficaces en medios donde la inoculación del suelo con semillas como portadoras resulta difícil o poco segura (Hinson, 1978).

Hiltbold (1980) menciona que los inoculantes a base de turba mantienen más rizobios viables que aquéllos a base de arcilla.

Algunos autores consideran que los inoculantes granulares confieren ventajas respecto al almacenamiento, manejo y aplicación. Estos inoculantes pueden ser aplicados en el surco con sembradoras convencionales para soya, y los por-

centajes de rizobios se pueden incrementar mucho más que con los inoculantes convencionales (Bezdicek, 1978). Sin embargo, la cantidad de inoculante granular aplicada al surco, comparada con la aplicada en la semilla, puede ser de 20 a 50 veces más que el inoculante a base de turba (Muldoon, 1980). Este mismo autor también menciona, que la superioridad de los inoculantes granulares puede ser atribuida al número más alto de rizobios viables aplicados al suelo, y a la protección extra contra el calor y la desecación que reciben los rizobios en el gránulo. El mismo autor, probando un inoculante granular en Woodstock Canadá, encontró un incremento en la producción de grano de aproximadamente 20% sobre el tratamiento en el que se usó inoculante aplicado a la semilla, y 48% sobre el control. No obstante, también menciona que el costo de la inoculación con el inoculante granular resultó ser 15.7 veces más caro que los inoculantes aplicados a la semilla, por lo que este factor debe tomarse en consideración; además cabe mencionar, que los porcentajes de inóculo fueron al límite superior recomendado por el fabricante (0.55 g/m. de surco) por tanto, el porcentaje de aplicación por hectárea se incrementaría al reducirse la anchura entre surcos.

Manguiat (1981) propone la preinoculación como una alternativa para evitar el sembrar inmediatamente la semilla. Dicha preinoculación está influenciada por el método

de mezclado, el tipo de adherente, temperatura de almacenamiento y período de incubación. Además, encontró que una temperatura de refrigeración de 4° C, no produce cambios significativos en la población de Rhizobium que yace sobre la superficie de la semilla hasta por un período de 7 días después de la inoculación. Pero al mantener en almacenamiento las semillas inoculadas a una temperatura ambiente de 28° : a 31° C, usando goma arábica al 40% como adherente, encontró que sólo pudieron mantenerse por tres días sin cambios significativos en la población de Rhizobium; además observó una reducción en el porcentaje de germinación de la semilla. Por lo anterior, este autor menciona que la pre-inoculación puede emplearse exitosamente, sólo cuando la siembra se efectúe 2 días después de la inoculación. La mayor desventaja que se presenta en esto es que, si bien no declina la población de rizobios en los períodos de tiempo antes mencionado, si existe una declinación en los porcentajes de germinación en la semilla después de la inoculación, como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Influencia del período de incubación en el porcentaje de germinación en soya.

| Período de incubación<br>(días) | Porcentaje en germinación |
|---------------------------------|---------------------------|
| 0                               | 65.0                      |
| 2                               | 61.5                      |
| 4                               | 48.0                      |
| 6                               | 46.0                      |
| 8                               | 41.0                      |
| 10                              | 41.0                      |
| 12                              | 42.5                      |
| 14                              | 37.0                      |

Boonkerd (1978) considera que la competencia de cepas nativas con las cepas de inoculantes, representan mayor obstáculo que las prácticas de inoculación, por lo que deben buscarse las combinaciones más eficientes entre cepas y cultivo; haciendo notar que las mejores combinaciones encontradas bajo condiciones de invernadero no son generalmente aplicables en campo.

### 3.5 Fertilización.

Nitrógeno.- La información que existe sobre si la fertilización con nitrógeno incrementa la producción de soya en mayor grado que la inoculación es aún contradictoria. De Mooy (1973) menciona que la razón por la cual los resultados son conflictivos ha sido atribuida a un exceso de nitrógeno inorgánico en el suelo, es decir, cuando se ha ensayado en suelos con una fertilidad elevada. Además, cantidades de nitrógeno inorgánico elevadas pueden inhibir el proceso de infección e inhibir también la actividad de la nitrogenasa. Por otra parte, Hatfield et al., (1974) mencionan sin embargo que, en muchos casos, se ha encontrado que un poco de nitrógeno en los primeros estadios de crecimiento de la planta puede ser benéfico para el crecimiento y producción de la soya.

Vargas (1982) menciona que una cantidad moderada de nitrógeno no sólo podrá estimular el crecimiento inicial

de la planta, sino también la formación de los nódulos. Hatfield et al., (1974) observaron un aumento significativo del número de nódulos de la soya con la aplicación de pequeñas dosis de nitrógeno.

Se ha observado que 0.1 y 1.0 p.p.m. de nitrógeno asimilable incrementan el crecimiento de la planta, el peso seco, nitrógeno total y calcio total mientras que en plantas crecidas a 20 y 30 p.p.m., estos mismos puntos de evaluación fueron más reducidos. En relación a la actividad de la nitrogenasa, ésta no fue afectada cuando se utilizaron menos de 10 p.p.m. de nitrógeno asimilable apreciándose, además, una mayor tendencia a la nodulación cuando se usaron 0.1 y 1.0 p.p.m. de nitrógeno útil (Morris et al., 1980).

De Mooy (1973) menciona que el mecanismo de la reducción en la fijación de nitrógeno en presencia de nitrógeno es desconocido, y que el tamaño y número de nódulos son reducidos cuando se incrementa la cantidad de nitrógeno. La producción es directamente proporcional a la cantidad de nitrógeno aplicada a soya no nodulada, en comparación con la soya nodulada, la cual mantiene su rendimiento relativamente constante con la aplicación de cantidades crecientes de nitrógeno.

**Fósforo.-** Los suelos pobres en fósforo disponible

por lo general tienen una alta capacidad de fijación de este elemento, por lo que el empleo del fósforo es crítico, ya que se trata de un elemento relativamente inmóvil. Es por lo tanto la aplicación de fósforo, particularmente importante para incrementar la producción de soya (Ham y Caldwell, 1978).

Cassman et al., (1980) mencionan que en las plantas que dependen de la fijación de nitrógeno, la cantidad de fósforo añadido afecta el crecimiento de los nódulos, relativamente en un grado mayor que al crecimiento de la parte aérea o de las raíces, debido a que durante la etapa del crecimiento vegetativo, los nódulos activos utilizan cantidades significativas de fotosintatos para el crecimiento del nódulo y la fijación del nitrógeno.

Es bien conocido el papel esencial del fósforo para la transferencia de energía en las células vivas, por medio de los enlaces de fosfatos de alta energía como lo es el ATP; por lo tanto, el fósforo es de importancia primordial en la formación y translocación de carbohidratos, ácidos grasos, glicéridos y productos intermediarios esenciales. Además, el fósforo forma parte de la composición de las nucleoproteínas, las cuales son componentes básicos del núcleo celular y fosfátidos presentes en la semilla de la soya (De Mooy et al., 1973).

Ham y Caldwell (1978) afirman que la eficiencia de los fertilizantes fosforados es mayor en la soya no nodulada. Una posible explicación podría ser el que, bajo estas condiciones, existiría una mayor superficie de contacto radicular y, por tanto, una mayor absorción. Estos autores coinciden con Cassman et al., (1980) quienes mencionan que plantas inoculadas tienen menos extenso el sistema radicular, en comparación con plantas no inoculadas, por lo que consideran que las primeras son más eficaces en la absorción de fósforo.

De Mooy et al., (1973) menciona que cantidades altas de fósforo elevan de 2 a 22 veces, el número y peso de los nódulos dependiendo de la variedad, estación del año y estado de desarrollo. Se ha observado que para obtener las nodulaciones máximas se requiere de 400 a 500 p.p.m. de fósforo.

#### IV. IMPORTANCIA DE LA INOCULACION

Uno de los aspectos más importantes de la inoculación de soya con Rhizobium japonicum, es su efecto en la producción de grano. Entre otros resultados, se tienen incrementos en el rendimiento con la variedad Bragg de 1004 Kg./ha. a 1571 Kg./ha., y de 1083 Kg./ha. a 3026 Kg./ha. en los tratamientos sin inoculante y con inoculante, respectivamente (Hiltbold et al., 1980; Muldoon et

al, 1980).

Hinson y Hartwing (1978), al comparar una variedad de soya no nodulante, con una nodulante, obtuvieron un 20% más de rendimiento en esta última. En otro ensayo, en donde la diferencia de tratamientos sólo fue la inoculación, obtuvieron 1000 Kg./ha. en los tratamientos no inoculados, y 1300 Kg./ha. en los inoculados. Estos mismos autores mencionan que las plantas de soya con rendimientos de grano del orden de 2500 Kg./ha., utilizan aproximadamente 200 Kg./ha. y que, para que las plantas absorban esta cantidad de nitrógeno, probablemente se necesitarían aplicaciones de por lo menos 300 ó 400 Kg. de N/ha.; en vista de que se ha calculado que las plantas no noduladas absorben alrededor del 30% del nitrógeno asimilable, perdiéndose el restante por lixiviación; esto puede implicar que la fertilización nitrogenada a estas dosis sea antieconómica.

Bezdicek, D. W. et al., (1978, comparando tratamientos en un experimento realizado en 1975-76, utilizando un inoculante granular encontró, en el tratamiento inoculado, una producción de 4489 Kg./ha. con respecto al control con el que obtuvo 1035 Kg./ha. El contenido de nitrógeno en semilla fue de 5.6% para el primero y 4.8% para el segundo. Además, menciona que la fijación biológica del nitrógeno contribuyó con el 80% del nitrógeno total de la planta. En otro experimento, realizado por este mismo au-

tor, utilizando un inoculante a base de turba obtuvo 3407 Kg./ha. en el tratamiento inoculado, y 1243 Kg./ha. en el control. Se menciona a la vez que del total de nitrógeno en la planta, el 71% fue de la fijación biológica del nitrógeno. Al estimar esta fijación de nitrógeno, este autor obtuvo en 1975, un valor de 311 Kg./ha. y 263 Kg./ha. en 1976. Además, menciona que en otros trabajos, se han detectado valores de la fijación biológica del nitrógeno del orden de 160 Kg./ha.

Balan et al., (1973) citado por Rincón, P. L. (1978), menciona que en Rumania en experimentos inoculando con la cepa SO-69, y con la aplicación de fertilizantes nitrogenados, durante un período de 2 a 3 años, la producción más alta se obtuvo en los tratamientos inoculados, haciéndose notar que la inoculación por sí sola aumentó la producción de un 16% a 78%. En suelos fértiles, los requerimientos de nitrógeno de las plantas fueron proporcionados sólo por la inoculación, sin hacer falta la fertilización química.

García, S.D. et al., (1977) citado por Rincón, P. L. (1978) realizando una serie de experimentos de campo, en la Región de Delicias Chihuahua en un período de tres años, con el objeto de estudiar la interacción inoculación-fertilización, encontró que la práctica de la inoculación de la semilla aumentó considerablemente el rendimiento de grano.

En estudios realizados en la región del bajo, sobre efecto combinado de inoculación y fertilización en soya, se encontró que los rendimientos de las parcelas sin fertilizar e inoculadas aumentaron, de 993 Kg./ha. a 2735 Kg./ha. (García, B. A. y Moncada, F. J., 1969).

López, A. E. y Ferrara, C. R. (1981) realizando dos experimentos de campo en la Mixteca Poblana, en donde se probó 4 niveles de nitrógeno y 3 niveles de fósforo así como 4 cepas de Rhizobium japonicum, encontró que el tratamiento inoculado (cepa CP. 36) más 30 Kg. de fósforo/ha., tuvieron rendimientos muy parecidos al tratamiento fertilizado con 20 Kg. de N/ha. y 30 Kg. de P/ha. sin inoculante, lo que indica claramente las ventajas y el ahorro que se obtendría al utilizar cepas de Rhizobium eficientes en lugar de fertilizantes nitrogenados.

Por lo antes mencionado, considerando especialmente la cantidad de nitrógeno que puede ser fijado al utilizarse cepas eficaces de Rhizobium japonicum, y lo citado por Hinson (1978), sobre la cantidad de nitrógeno que se requeriría para la soya en caso de no inocularse; se hace resaltar la importancia que tiene esta práctica agrícola en la economía del nitrógeno.

## V. ASPECTOS AGRONOMICOS DEL CULTIVO DE LA SOYA

### Prácticas culturales:

Preparación del terreno.- La soya requiere de un suelo bien preparado, para obtener una buena germinación, ya que sus cotiledones son muy frágiles. Las labores de preparación son iguales a las que se hacen para el maíz, algodón y ajonjolí; éstas consisten en un barbecho de aproximadamente 30 cm. de profundidad, una cruz, rastreo, surcado que puede ser a 60 cm. de separación (cuando se siembra a una hilera) ó a 96 cm. de separación en forma de "cama melonera" (cuando se siembra a dos hileras) y nivelación (Banafunzi et al., 1982; CIAPAC, 1981). Barrigas y Sienfuentes (1969), y García (1973), hacen énfasis en la nivelación del terreno como una de las labores básicas, para evitar excesos y escasez de agua, lo que puede afectar de manera importante el rendimiento, principalmente cuando las plantas están pequeñas.

Variedades.- La selección de la mejor variedad adaptada, es un punto muy importante para obtener buenos resultados en su cultivo; para tal caso, se tienen variedades ya probadas que son recomendadas para las distintas regiones del país, en general las que destacan son la Tropicana, Júpiter, Cajeme, Davis, Tetabiate, Bragg, Lee 68 y otras (Barrigas y Sienfuentes, 1969; Crispín y Barrigas, 1970; Pérez y Tijerina, 1976; Crispín y Rodríguez, 1973; CIANO, 1978). Para

el Estado de Guerrero (región de "Tierra Caliente"), se recomiendan las variedades Cajeme (ciclo 90 días), Tetabiate (90 días), Villa Blanca (100 días), Júpiter (120 días) y Bernal (120 días), (CIAPAC, 1981). Banafunzi et al., (1981) y (1982) recomiendan como la mejor variedad para el Estado de Guerrero, la variedad BM<sub>2</sub>, en base a varios experimentos realizados sobre adaptabilidad, densidades de siembra, incidencia de plagas y enfermedades, etc.; además esta variedad fue liberada en el Valle de Iguala, Gro. por el Dr. Banafunzi y, por otro lado, es aceptada para el consumo humano, ya que tiene buen sabor. Esta variedad es también recomendada para otras partes de la República, en donde ha sido probada con buenos resultados (De Luna y Moreno, 1981).

Fecha de siembra.- La determinación de fechas de siembra es el punto fundamental para la introducción de éste o cualquier cultivo. Estas fechas de siembra para el cultivo de la soya son determinadas en base a las condiciones ecológicas del lugar, siendo fundamentales el fotoperíodo y las temperaturas diurnas y nocturnas. En función de los factores antes mencionados y de la variedad, se han determinado fechas de siembra para las distintas regiones del país (Barrigas y Sienfuentes, 1969; CIANO, 1974). Para el Estado de Guerrero se recomienda la siembra del 15 de junio al 15 de julio, cuando se establece el cultivo bajo temporal, y cuando se dispone de riego se recomienda sembrar del 15 de junio al 10 de febrero; siempre y cuando el lugar sea

de baja latitud y altitud, de tal manera que la temperatura no sea un factor limitante (Banafunzi et al., 1981 y 1982; CIAPAC, 1981).

Densidad de siembra.- Para obtener la población de plantas deseada, es importante determinar previamente el porcentaje de emergencia de la semilla. En general con un 80% de emergencia, se recomienda sembrar de 60 a 80 Kg. de semilla por hectárea; no obstante, esto dependerá de las condiciones del suelo y de la variedad. Con esta cantidad deben tirarse de 40 a 45 gr. por metro lineal para lograr de 32 a 36 plantas por metro, lo que nos da una densidad de 320 000 a 360 000 plantas por hectárea. Una mayor densidad de siembra puede originar que las plantas se acamen y, como consecuencia, se tenga una baja en el rendimiento (Crispín y Barrigas, 1970). En experimentos realizados por Banafunzi (1982), para determinar la mejor densidad de siembra, se menciona que la densidad de población adecuada varía grandemente con las horas luz y, por lo tanto con la época de siembra, recomendándose utilizar densidades de 600 000 y 400 000 plantas/ha., en invierno bajo condiciones de riego, y en verano bajo temporal, respectivamente.

Inoculación.- Para esta práctica, debe conseguirse el inoculante específico de la soya. Los inoculantes pueden ser en caldo y granulados (para aplicarse al suelo), y a base

de turba para aplicarse a la semilla; este último es el más usado en México. Para la inoculación es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Se debe utilizar el inoculante antes de la fecha de caducidad, y almacenarse en un lugar fresco. Su exposición a la luz solar es sumamente perjudicial.
2. El inoculante deberá abrirse únicamente hasta el momento de la siembra y, si la temperatura del suelo y atmosférica son elevadas en ese momento, habrá que utilizar dos o tres veces la cantidad recomendada, especialmente para suelos arenosos. Es por lo tanto recomendable la siembra durante las horas menos calientes del día.
3. Al inocular la semilla, debe humedecerse con un agente adhesivo como melaza o goma arábiga.
4. Para la siembra la inoculación debe realizarse a la sombra. El terreno debe conservarse húmedo, y cuando se siembre en surcos a mano, éste debe irse abriendo a medida que se va procediendo a la siembra, recubriéndose inmediatamente la semilla.
5. Otro aspecto que debe de tomarse en cuenta es el uso de semilla de buena calidad, de tal manera que no sea necesaria la desinfección con fungicidas que puedan repercutir en una disminución de los rizobios (Hinson y Hartwing, 1978; CIANO, 1974).

Método de siembra.- Este depende de varios factores, tales como tipo de equipo disponible, tipo de suelo, condiciones climáticas, variedad y el propósito del cultivo. Si se tiene maquinaria pueden emplearse sembradoras adaptadas para la siembra de soya, la cual puede hacerse en plano o en surcos, y las labores de cultivo pueden efectuarse en forma semejante a la del maíz, algodón etc.; si la siembra es de temporal no es necesario levantar surcos, sin embargo, el surcado será necesario cuando se aplique riego. Si no se dispone de maquinaria, la siembra puede efectuarse como en el caso del maíz, ya sea a mano o con tracción animal, debe hacerse en húmedo para asegurar una buena germinación y nodulación; ésta se hace a "chorrillo" con separación entre plantas de 2 a 5 cm. a lo largo del surco (Robles, 1978). Banafunzi et al., (1982) recomiendan la siembra sobre el lomo del surco a doble hilera, procurando que la semilla quede a 3 ó 4 cm. de profundidad en suelos arcillosos, y de 4 a 6 cm. en suelos arenosos o ligeros; para esto, se ha logrado en el Instituto Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, la adaptación de maquinaria para sembrar las dos hileras equidistantes.

Control de malezas.- El cultivo debe mantenerse libre de malezas durante las primeras etapas del desarrollo, principalmente durante los primeros 40 días, lo que puede lograrse mediante dos o tres cultivos a intervalos de 10

días. Uno de los herbicidas más usado para el noroeste es el Dinitro preemergente, en aplicaciones totales o en banda (Crispín y Barrigas, 1970). Para la variedad BM2 en el Estado de Guerrero, Banafunzi et al., (1982) recomiendan aplicar, inmediatamente después de la siembra, los herbicidas Sencor 70% PH o Gesagard 50 a razón de 0.5 y 1.5 Kg./ha., respectivamente. Para un buen control en la época de temporal es aconsejable utilizar, en combinación con el Sencor o Gesagard 50; los herbicidas de contacto como son el Gramoxone o Faena a razón de un litro/ha.

Control de plagas y enfermedades.- Banafunzi et al., (1982) indican que las principales plagas en el Estado son la doradilla, Diabrotica balteata (leconte), el escarabajo mexicano, Epilachna varivestis (Mulsant) y la araña roja, Tetranychus spp; en general este cultivo es poco atacado por plagas en la región; no obstante para su control se recomiendan dos aplicaciones de Nuvacrón 60E, sólo o en combinación con Tamarán 600, cuando la planta alcanza 10 cm. de altura, y la segunda 15 días después; estas aplicaciones, una o más si es necesario, se hacen en dosis de 500 ml/ha. ó 250 ml/ha. en caso de combinarse los dos insecticidas.

En cuanto a enfermedades, en la zona no se ha tenido problemas con éstas. Sin embargo, las enfermedades más comunes y de importancia son la "pústula bacterial" (Xan-

thomonas phaseoli) que es la más distribuida en México y puede provocar defoliación, se puede controlar usando variedades resistentes. Pudrición basal del tallo (Sclerotium rolfsii) su daño se distingue por la sequía repentina de la planta, no existe un método exacto de combate, se recomienda una buena rotación de cultivos. Mosaicos (Phaseolus virus L.) el mosaico amarillo es el más frecuente, los síntomas se manifiestan en una deformación de las hojas y un moteado, etc. La enfermedad más importante que se presenta es una marcada clorosis por deficiencia nutricional del hierro, cuando este cultivo es llevado a cabo en suelos calcáreos, en donde el Fe se encuentra en forma insoluble. Banafunzi et al., (1982) y De Mooy et al., (1973) recomiendan aplicaciones foliares de sulfato ferroso para su corrección. Prohaska y Fehr, (1981); Rodríguez y Fehr (1982), mencionan que existen variedades susceptibles y resistentes a esta deficiencia, sugieren que la resistencia está dada por un par de genes que le dan mayor capacidad a la soya para la absorción del Fe, por lo que recomiendan usar variedades resistentes, cuando se lleve a cabo el cultivo en suelos calcáreos.

Cosecha.- Esta es una de las etapas más importantes, ya que los métodos y las condiciones bajo las cuales se lleve a cabo repercutirán en los rendimientos y, por tanto, en el aspecto económico del cultivo.

Cuando la soya se aproxima a su completa madurez, la mayor parte de las hojas se ponen amarillas y empiezan a caer; al secarse el tallo principal de la soya, la semilla está lista para cosecharse. Este es el momento oportuno para la trilla, para evitar pérdidas por desgrane (CIANO, 1974). Banafunzi et al., (1982) informan que en una cosecha realizada 25 días después de la fecha óptima, se reduce el rendimiento por desgrane hasta en un 28%. También es muy importante el tomar en cuenta el porcentaje de humedad de la semilla al momento de la cosecha, y de acuerdo con el uso a que se le destine. El grano para la industria puede cosecharse con un 13% de humedad, y si se piensa utilizar como semilla debe trillarse cuando tenga 14% de humedad.

## MATERIALES Y METODOS

### 1. Características generales del área de estudio

#### 1.1 Localización

El sitio donde se llevó a efecto el experimento se localiza a 1 km de la población de Zumpango, Gro. (Figura 1), sobre la carretera México-Acapulco; está comprendido a los 17° 40' latitud norte y 99° 30' longitud oeste y a una altitud de 1100 m.s.n.m.

#### 1.2 Suelo

No existe información respecto a la génesis, morfo-

logía y clasificación del suelo de este lugar, sólo se puede mencionar que son suelos de someros a medianamente profundos y, con respecto a su uso son utilizados fundamentalmente en el cultivo del maíz de temporal.

### 1.3 Clima

El lugar cuenta con un clima A(C)W<sub>0</sub>"(W)ig (según la clasificación de Köppen modificado por Enriqueta García), semicálido subhúmedo, con lluvias en verano, la precipitación es de 600 mm. (promedio anual), la temperatura máxima es de 33° C y la mínima de 19° C y una media de 22° C (CENTENAL, 1970).

### 1.4 Vegetación

En la región domina la selva baja caducifolia; existiendo además, vegetación secundaria baja caducifolia y chaparral; algunas de las especies dominantes son: Bursera spp. (Chupandía), Lysiloma spp. (Tepeguajes), Jacaratia mexicana (Bonete), Ipomea spp. (Cazahuates), Ceiba spp. (Pochote), Zisiphus amole (Amole), Crescentia alata (Cuau-tecomate) (DEGETENAL, 1981).

## 2. Determinaciones físicas y químicas de los suelos

Dentro de éstas se determinaron las siguientes:  
Color: mediante las tablas de Munsell con suelo húmedo y seco (Munsell Soil Chart, 1975).

**Textura:** Según el método de Bouyoucos (1963).

**Capacidad de intercambio catiónico total:** Por el método de centrifugación, saturado con  $\text{CaCl}_2$  IN pH 7.0 y titulado con versenato (Jackson, 1964).

**Reacción del suelo (pH):** Se determinó en suspensión de suelo-agua destilada, en relación 1:2.5.

**Densidad aparente:** Por el método de la probeta (Blake, 1965).

**Calcio y Magnesio intercambiables:** Extrayendo el calcio y el magnesio del suelo con una solución de acetato de sodio IN pH 7.0 por centrifugación y titulando con EDTA (Jackson, 1964).

**Potasio intercambiable:** Extrayendo el potasio del suelo con una solución de acetato de sodio IN pH 7.0, por centrifugación y usando el método flamométrico.

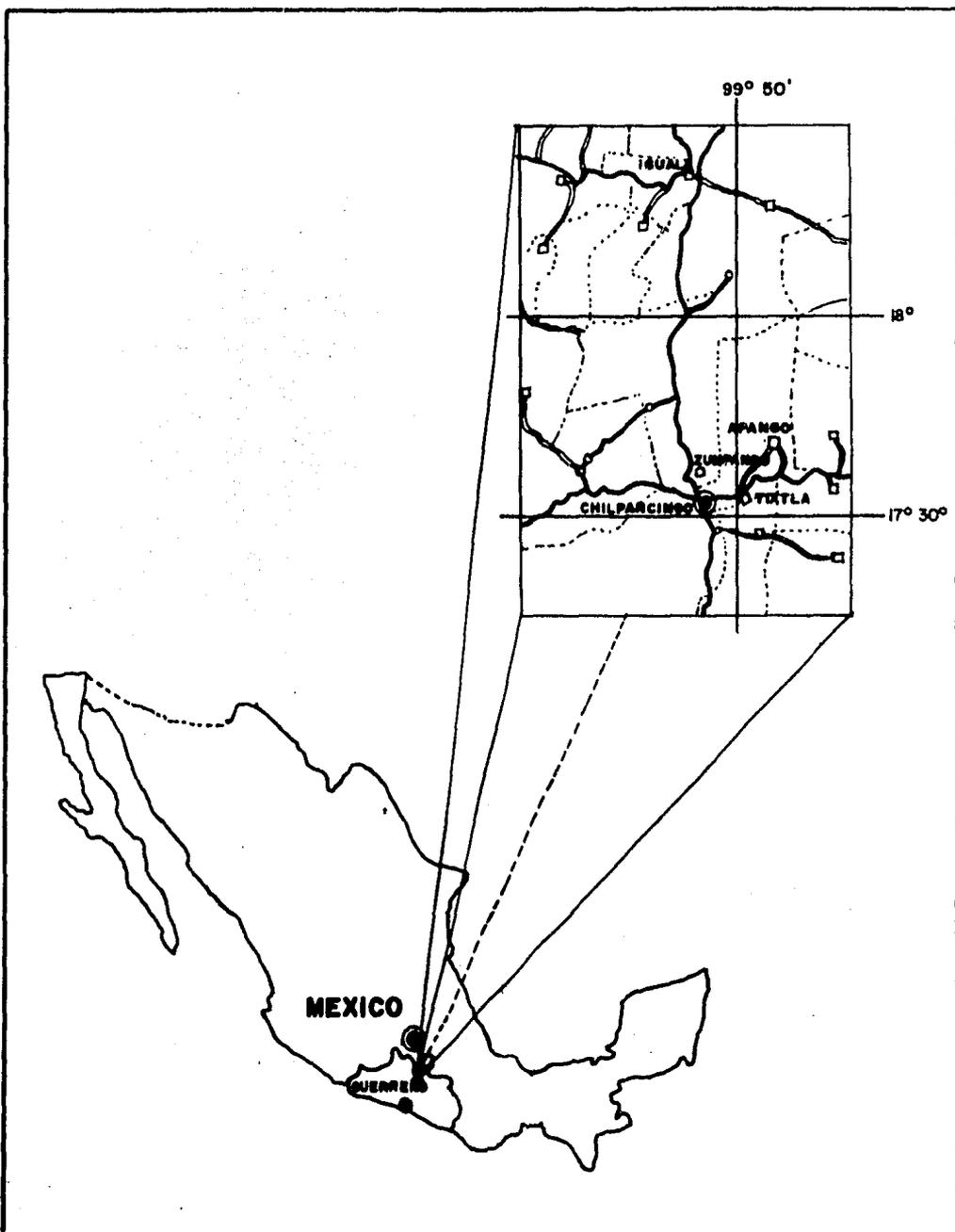
**Materia Orgánica:** Por combustión húmeda según el método de Walkley y Black, modificado por Walkley (1947).

**Nitrógeno total:** Por digestión de Kjeldahl (Association of Official Agricultural Chemists, 1970).

**Fósforo asimilable:** Colorimétricamente, según el método de Bray I (Bray y Kurtz, 1945).

**Capacidad de fijación de fósforo:** Según el método recomendado por Fitts y Waugh (1966).

**Hierro, cobre, manganeso y zinc intercambiables:** Por absorción atómica (Issac y Kerber, 1972).



**FIGURA Nº 1 LOCALIZACION DEL SITIO EXPERIMENTAL**

### 3. Descripción de los experimentos

#### Experimento 1.

Fue llevado a cabo en campo bajo condiciones de temporal. Se utilizó un diseño experimental en parcelas divididas con bloques al azar (Figura 2), consta de tres bloques (repeticiones) con seis tratamientos, lo que originó un total de 54 parcelas o unidades experimentales de 3.2 m por 6 m de largo ( $19.2 \text{ m}^2$ ). El área total de experimento fue de  $1036.8 \text{ m}^2$ .

Las tres variedades de soya (Glycine max, L.) que se probaron son: CM, CB y BM2, éstas corresponden a las parcelas principales (tratamientos) distribuidas en bloques al azar, los tratamientos con inoculación y testigos (sub-tratamientos) están representados por las parcelas chicas distribuidas aleatoriamente dentro de cada parcela principal.

De los cuatro inoculantes que se probaron en este experimento, tres son mixtos (con dos cepas cada uno) y uno con una sola cepa, además un testigo negativo y uno positivo (Figura 2).

|                 |   |   |   |   |   |   |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|
| CM              | 3 | 5 | 2 | 4 | 1 | 6 |
| CB              | 5 | 4 | 3 | 2 | 6 | 1 |
| BM <sub>2</sub> | 3 | 6 | 4 | 1 | 5 | 2 |
| CB              | 6 | 3 | 2 | 5 | 1 | 4 |
| BM <sub>2</sub> | 1 | 6 | 3 | 2 | 4 | 5 |
| CM              | 4 | 5 | 1 | 6 | 3 | 2 |
| BM <sub>2</sub> | 6 | 1 | 4 | 5 | 2 | 3 |
| CM              | 5 | 3 | 6 | 2 | 1 | 4 |
| CB              | 3 | 4 | 5 | 6 | 2 | 1 |

Figura 2. Diseño experimental "parcelas divididas" con la distribución de tratamientos y subtratamientos al azar (Experimento 1).

**NOTACION:**

TRATAMIENTOS = Grupos de parcelas (variedades de soya CM, CB y BM<sub>2</sub>).

SUBTRATAMIENTOS = Parcelas inoculadas y testigos.

1 = Cepa 6.

2 = Cepas 3442 y 3407

3 = Cepas 3 + 9.

4 = Cepas 4 + 8

5 = T(-) (Testigo negativo, sin inoculante y sin fertilización).

6 = T(+) (Testigo positivo, sin inoculante, fertilizado con la fórmula 60-40-20).

Las cepas 3, 4, 6, 8 y 9 fueron aisladas de experimentos de soya, con la variedad BM2, en suelos de Iguala, Gro. Las cepas 3442 y 3407 proceden del cepario de Rothamsted Exp. Sta., Harpenden, Inglaterra. Todas las cepas forman parte de la colección del Departamento de Edafología del Instituto de Geología de la U.N.A.M. El testigo (-) negativo corresponde al subtratamiento sin inocular y sin fertilización. El testigo (+) positivo corresponde al subtratamiento sin inoculación pero fertilizado (60-40-20).

Las variables de respuesta que se midieron en este experimento fueron: altura de planta, número de vainas por planta, porcentaje de proteína en grano, peso por grano y rendimiento.

Para cubrir esta evaluación, se tomaron lotes de 10 plantas por parcela al azar, con excepción del último punto, el cual se midió en base a la cosecha de  $4\text{m}^2$  de los surcos centrales (parcela útil).

#### Experimento 2.

Se llevó a cabo en campo bajo condiciones de riego "Mínimo". Se utilizó el mismo diseño experimental (Figura 3) que en el experimento 1, sólo cambió el tamaño de la parcela o unidad experimental, en este caso fue de  $1\text{m}^2$  por la limitación del agua.

Las variedades de soya empleadas en este experimento

fueron: BM2, BRAGG y RAX.

Los inoculantes que se probaron en este experimento fueron uno mixto (con dos cepas) y tres con una sola cepa, incluyendo los dos testigos (Figura 3).

|       |   |   |   |   |   |   |
|-------|---|---|---|---|---|---|
| RAX   | 1 | 3 | 5 | 4 | 6 | 2 |
| BM2   | 5 | 4 | 1 | 2 | 6 | 3 |
| BRAGG | 2 | 3 | 5 | 4 | 1 | 6 |
| BM2   | 6 | 2 | 5 | 4 | 1 | 3 |
| BRAGG | 3 | 6 | 1 | 5 | 2 | 4 |
| RAX   | 4 | 1 | 5 | 6 | 2 | 3 |
| BRAGG | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 |
| RAX   | 5 | 4 | 3 | 1 | 2 | 6 |
| BM2   | 2 | 1 | 6 | 3 | 4 | 5 |

Figura 3. Diseño experimental en parcelas divididas con la distribución de tratamientos y subtratamientos al azar (Experimento 2).

**NOTACION:**

**TRATAMIENTOS** = Parcelas grandes (variedades de soya, RAX, Bragg y BM2).

**SUBTRATAMIENTOS** = Parcelas chicas (inoculantes más testigos).

- 1 = Ceba 6.
- 2 = Cepas 4 + 8
- 3 = Ceba 7
- 4 = Ceba 9
- 5 = T (-) = Testigo negativo, sin inoculante y sin fertilizante.
- 6 = T (+) = Testigo positivo, sin inoculante y fertilizado con la fórmula: 60-40-20.

Las variables de respuesta que se midieron para este experimento fueron: altura de planta, peso seco en planta, número de nódulos, número de vainas por planta, peso por grano, porcentaje de fósforo en follaje, proteína en follaje y grano y rendimiento. Para la evaluación de estas variables se tomaron lotes de 10 plantas al azar de cada parcela, y el rendimiento se midió de toda la parcela.

Los trabajos de campo que aquí se describen son iguales para los experimentos 1 y 2.

### 3.1 Preparación del terreno

El terreno fue preparado como se acostumbra en el lugar, se aró con yunta, se dio una cruz, se desmoronaron los terrones hasta dejar el terreno mullido, y el surcado se hizo a 0.80 m de separación.

### 3.2 Siembra

Se efectuó en húmedo, manualmente y a "chorrillo" en el lomo del surco, a doble hilera con 40 cm. de separación entre hileras y a una profundidad de 4 cm. Como no se tuvo

el porcentaje de germinación, se usó más semilla de la requerida para posteriormente hacer un clareo para dejar la densidad deseada (50 plantas por  $m^2$ ). La siembra se realizó el 22 de julio de 1982 (Experimento 1) y 12 de diciembre del mismo año (Experimento 2).

### 3.3 Inoculación

Se hizo a la sombra y al momento de la siembra en cada tratamiento, para esto se utilizó goma arábiga al 20% como adherente y turba neutralizada como soporte. Se usó inoculante líquido con una densidad bacteriana entre  $10^8$  y  $10^9$  células/ml.

### 3.4 Fertilización

Se realizó a los diez días después de la siembra, en banda y al centro del lomo del surco; en los tratamientos inoculados se usó la fórmula 20-40-20; se aplicaron 20 Kg. de nitrógeno con el fin de ayudar al desarrollo de la planta en un principio mientras ocurre la infección con Rhizobium.

El testigo positivo (sin inocular) se fertilizó con la fórmula 60-40-20. El testigo negativo no se fertilizó ni se inoculó.

El fertilizante utilizado fue:

Nitrógeno como sulfato de amonio (20.5%).

Fósforo como superfosfato de calcio simple (20%).

Potasio como cloruro de potasio (60%).

### 3.5 Combate de plagas y enfermedades

Las plagas que se presentaron en el cultivo fueron la conchuela (Epilachna varivestis) y doradilla (Diabrotica sp.), las cuales se combatieron con Nuvacron 60E, en dosis de 0.5 litros/ha., mezclado con sulfato ferroso, ya que el cultivo de soya presentaba síntomas de clorosis por la deficiencia de hierro. Las aplicaciones se hicieron cuando la planta tenía 10 cm de altura y una segunda aplicación a los 15 días después. Las aplicaciones de sulfato ferroso se hicieron en base a los síntomas de deficiencias de las plantas.

### 4. Preparación de los inoculantes

Las cepas usadas en los dos experimentos fueron proporcionadas por la Sección de Biología de Suelos, del Departamento de Edafología, Instituto de Geología, U.N.A.M., de las cuales la cepa 3442 + 3702, proceden del Rothamsted Collection of Rhizobium (R.C.R.) (M. DYE. 1979), y las restantes son cepas adaptadas, que fueron aisladas del valle de Iguala, Gro. por el Jefe de dicha sección M. en C. Sergio Palacios Mayorga.

La población de bacterias por milímetro fluctuó de

$10^8$  a  $10^9$ ; la turba se neutralizó con KOH, y se usó goma arábiga al 20% como adherente. Las cantidades usadas fueron: 0.5 ml de adherente, 0.5 ml de inoculante y 3 gr. de turba neutralizada.

#### 5. Análisis estadísticos

Para cada uno de los resultados obtenidos de las variables de respuesta se hizo el análisis de varianza (Little y Hills, 1981). Además para algunos resultados se utilizó la prueba de Tukey al 5% y 1% para la comparación de medias.

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 1. Resultados de los análisis del suelo

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de los análisis físicos y químicos, hechos al suelo del área de experimentación. Como se puede observar, no existen diferencias significativas entre los bloques por lo que se considera un suelo homogéneo.

La textura del suelo, es migajón arcilloso en los tres bloques, aunque no es la textura ideal para el cultivo de la soya, ya que se desarrolla mejor en suelos de textura media; sin embargo, se adapta bien a suelos arcillosos (Robles, S.R., 1978).

El color del suelo fue, en húmedo gris muy oscuro y

Cuadro 4. Resultados de los análisis físicos y químicos del suelo en la localidad de Zumpango del Río, Estado de Guerrero.

| DETERMINACION                                    |               | MUESTRAS DE SUELO   |             |              |
|--|---------------|---------------------|-------------|--------------|
|  |               | (bloque I)          | (bloque II) | (bloque III) |
| TEXTURA  | Arena (%)     | 22                  | 20          | 20           |
|  | Limo (%)      | 38                  | 44          | 48           |
|  | Arcilla (%)   | 40                  | 36          | 32           |
|  | Clasificación | migajón arcilloso " |             | "            |
| COLOR  | Seco          | 7.5YR4/0            | 7.5YR4/0    | 7.5YR4/0     |
|  | Húmedo        | 7.5YR3/0            | 7.5YR3/0    | 7.5YR3/0     |
| pH   |               | 7.9                 | 7.5         | 7.8          |
| DENSIDAD APARENTE                                |               | 1.18                | 1.21        | 1.19         |
| CATIONES INTERCAMBIABLES<br>(meq/100 g de suelo) | Ca            | 26.5                | 24.24       | 25.07        |
|  | Mg            | 3.54                | 2.89        | 2.77         |
|  | K             | 3.17                | 3.20        | 3.37         |
|  | Na            | 0.77                | 0.77        | 0.78         |
| C.I.C.T. (meq/100 g.)                            |               | 35.25               | 35.25       | 35.25        |
| MATERIA ORGANICA (%)                             |               | 2.8                 | 2.76        | 2.89         |
| NITROGENO TOTAL (%)                              |               | 0.2                 | 0.17        | 0.19         |
| FOSFORO ASIMILABLE (ppm)                         |               | 2.1                 | 2.8         | 3.5          |
| FIJACION DE FOSFORO (%)                          |               | 99                  | 99          | 99           |
| MICRONUTRIMENTOS<br>INTERCAMBIABLES<br>(ppm)     | Fe            | 0                   | 0.07        | 0            |
|  | Cu            | 0.1                 | 0.1         | 0.05         |
|  | Mn            | 0.17                | 0.15        | 0.12         |
|  | Zn            | 0                   | 0           | 0            |

en seco gris oscuro en los tres bloques. El color nos da una idea de algunas de las propiedades del suelo; por ejemplo: los colores oscuros se relacionan con un contenido de materia orgánica alto, algunos minerales, condiciones de drenaje y aereación.

El pH varía de 7.5 en el bloque I, 7.8 en el bloque III a 7.9 en el bloque II; el primer valor se considera ligeramente alcalino y los dos últimos medianamente alcalinos. Aunque el pH óptimo para el cultivo de la soya es de 6.0 a 6.5, se ha encontrado que prospera bien en suelos con valores de pH de 7.0 a 8.5 (Aldwell, E. B., 1973).

La densidad aparente, varía de  $1.18 \text{ g/cm}^3$  (bloque I),  $1.19 \text{ g/cm}^3$  (bloque III) y  $1.21 \text{ g/cm}^3$  (bloque II), este valor se considera alto, y se relaciona con la textura.

El calcio intercambiable, varía de 24.24 meq/100 g de suelo (bloque II), 25.07 meq/100 g de suelo (bloque III) a 26.5 meq/100 g de suelo (bloque I). Estos valores se consideran altos, lo que explica el alto porcentaje de fijación de fósforo y hierro, que se manifestaron con síntomas muy marcados que presentó este cultivo, por la deficiencia en estos elementos. Ante esto es importante estudiar, en trabajos posteriores, la corrección de estos dos problemas muy frecuentes en los suelos calcáreos.

Magnesio intercambiable. Con respecto a este elemento, el dato más bajo fue el del bloque III con 2.77 meq/100 g de suelo, y el más alto el del bloque I, con 3.54 meq/100 g de suelo. Estos valores se consideran como medios, por lo que no es probable que existan deficiencias de este elemento.

El potasio intercambiable varía muy poco en los tres bloques, los valores estimados van de 3.7 meq/100 g de suelo (bloque I) a 3.37 meq/100 g de suelo (bloque III). Por estos valores el suelo se considera rico en este elemento.

Sodio intercambiable. Los valores varían muy poco entre los bloques por lo que se consideran iguales, estos valores van de 0.77 meq/100 g de suelo (bloque I) a 3.37 meq/100 g de suelo (bloque III). Los valores de sodio en este suelo se consideran normales, por lo que no existen problemas de sodicidad.

La capacidad de intercambio catiónico total, no varió en los tres bloques, 35.25 meq/100 g de suelo, y se considera alta. Esto se explica por el contenido elevado de arcilla, y por ser suelo medianamente rico en materia orgánica.

La materia orgánica varía de 2.76% en el bloque II a 2.89% en el bloque III. Por estos valores el suelo se

considera medianamente rico. Respecto al contenido de la materia orgánica y su interacción con la inoculación, existen algunos datos contradictorios ya que mientras Selbach (1978) citado por Pansay, C. J. (1981), menciona que los suelos con alto contenido de este componente, dan como resultado una nodulación deficiente; Freire et al., (1965, 1978) citados por el mismo autor, encontraron que adiciones de residuos orgánicos estimulan la nodulación y la fijación biológica de nitrógeno; esto se atribuye a una mejora de las condiciones físicas del suelo, resultando en una mayor retención de humedad y producción de CO<sub>2</sub> por la descomposición de la M.O.

El contenido de nitrógeno total varía muy poco en los tres bloques, 0.17% en el bloque II, 0.19% en el bloque III y 0.2% en el bloque I; en los dos primeros bloques el valor se considera mediano, y el último se estima medianamente rico. Este valor es adecuado, ya que el nitrógeno es el elemento principal para el desarrollo de las plantas; sin embargo, para el caso de las leguminosas inoculadas, existen controversias en cuanto al nivel adecuado de nitrógeno que no interfiera con la fijación biológica del nitrógeno en los nódulos ya que, por una parte, se menciona que altas concentraciones de nitrógeno en el suelo inhiben la fijación biológica del nitrógeno (De Mooy et al., 1973). Mencionándose por otra parte, que ciertas

cantidades de nitrógeno ayudan a la fijación biológica del nitrógeno (Vargas, 1982; Hatfield et al., 1974). Sin embargo, diferentes investigaciones concuerdan en que la inoculación de leguminosas en suelos pobres de nitrógeno, dan resultados espectaculares en la fijación biológica del nitrógeno.

El fósforo asimilable en el bloque I fue de 2.1 ppm, 2.8 ppm en el bloque II y de 3.5 ppm en el bloque III. En los tres casos el valor se considera muy bajo. Es importante hacer notar que este elemento es indispensable para los cultivos de grano y particularmente, para las leguminosas inoculadas; debido a que la fijación biológica del nitrógeno se ve afectada notablemente por la falta de este elemento (Cassman et al., 1980). El bajo contenido de fósforo asimilable se relaciona con el alto porcentaje de fijación del elemento en estos suelos.

El porcentaje de fijación de fósforo se estimó en un 99% en los tres bloques; este valor se considera muy elevado, y se debe al contenido muy alto de calcio en este suelo el cual inmoviliza al fósforo; razón por lo que la disponibilidad de este elemento para la planta en estos suelos es muy baja. La fijación del fósforo es un gran problema por resolver en suelos calcáreos, principalmente para cultivos de leguminosas para las que la baja disponibilidad de fósforo se traduce en una disminución del ren-

dimiento y calidad del grano.

El hierro intercambiable, sólo se detectó en el bloque II con 0.07 ppm, valor considerado muy bajo. Este elemento forma parte importante del sistema enzimático de las plantas, pues es necesario para la síntesis de clorofila de nitrogenasa y leghemoglobina, su deficiencia provoca síntomas muy marcados de clorosis. La soya es muy susceptible a esta deficiencia, no obstante esta susceptibilidad varía según la variedad, ya que esta susceptibilidad está determinada genéticamente (Prohaska, K. R. y Fehr, W. R., 1981; Rodríguez, S. C. y Fehr, W. R., 1982). En caso de existir susceptibilidad se recomienda corregir las deficiencias con aplicaciones de sulfato ferroso (De Mooy et al., 1973; Banafunzi, N., 1981). Esta corrección es de mucha importancia, ya que la nodulación se ve afectada notablemente por la falta de este elemento.

El cobre intercambiable también se estimó en valores bajos (0.11 ppm en los bloques I y II y 0.05 ppm en el bloque III). Este elemento es importante en la actividad enzimática de las plantas, además, se le atribuye una función en la formación de sustancias que promueven el crecimiento. A este respecto se han registrado respuestas a la aplicación de este elemento en soya (De Mooy et al., 1973).

Manganeso intercambiable. Este elemento varía muy poco, en el bloque III es de 0.12 ppm., 0.15 ppm en el bloque II y 0.17 ppm en el bloque I. Estos valores se consideran bajos. El manganeso juega un papel importante en los sistemas enzimáticos de las plantas y ayuda a la síntesis de clorofila.

Zinc intercambiable. Este elemento no se detectó en estos suelos por lo que son totalmente deficiente en zinc. Este elemento es importante por formar parte de las enzimas, además de ser necesario para la formación de sustancias que promueven el crecimiento.

#### EXPERIMENTO 1

Los resultados de este experimento se presentan en el Cuadro 5, y los resultados sobre los análisis estadísticos en los Cuadros 1 al 5 del apéndice.

Las evaluaciones se hicieron en las siguientes etapas:

1. Inicio de la floración: Altura de plantas.
2. Madurez fisiológica: Número de vainas por planta.
3. Madurez comercial: Rendimiento de grano, peso por grano y el porcentaje de proteína en grano.

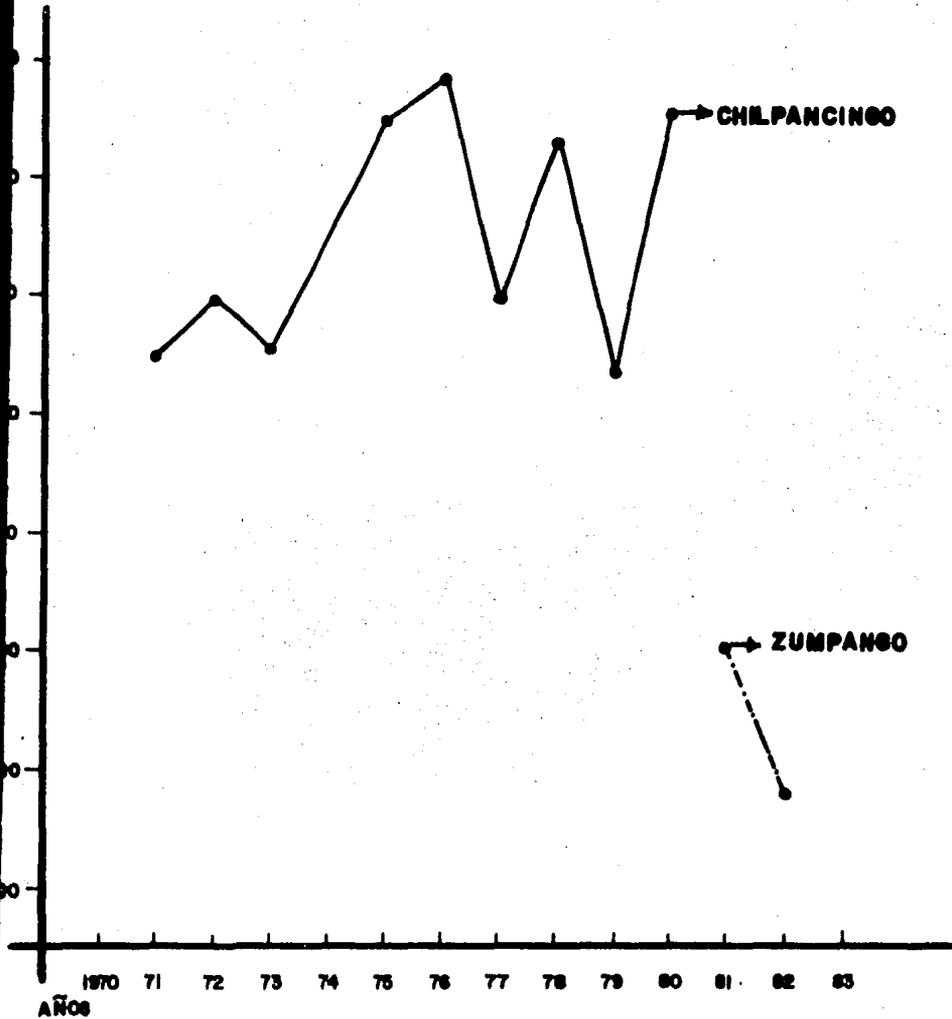
Como se podrá observar en el Cuadro 5, de las variables de respuesta se obtuvieron resultados muy por abajo de lo normal para este cultivo; esto se debió a que el experimento, como ya se mencionó, se estableció bajo condiciones de temporal en el año de 1982, considerado como

Cuadro 5. Evaluación de adaptación en tres variedades de soya (Experimento 1).

| VARIEDAD | ALTURA*<br>(cm) | No. DE VAINAS*<br>POR PLANTA | PESO POR<br>GRANO<br>(g) | PROTEINA<br>EN GRANO<br>(%) | RENDIMIENTO<br>(Kg./ha.) | DIAS A<br>LA<br>FLORACION | CICLO DEL<br>CULTIVO<br>(DIAS) |
|----------|-----------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| CM       | 26.64           | 3.33                         | 0.082                    | 38.39                       | 69.33                    | 34                        | 110                            |
| BM2      | 23.69           | 4.83                         | 0.084                    | 38.33                       | 179.03                   | 35                        | 110                            |
| CB       | 27.37           | 2.83                         | 0.097                    | 37.48                       | 116.86                   | 34                        | 110                            |

\* Los resultados son el promedio de 10 plantas tomadas al azar de cada parcela.

uno de los más secos dentro de los 10 últimos años (Gráfica 5). Se hace notar que por no existir el registro de la precipitación de los 10 últimos años del sitio experimental, pues sólo se cuenta con la información de los años 1981 y 1982, esta información se complementó con datos de la Ciudad de Chilpancingo, Gro., en vista de que se encuentra aproximadamente a 8 Km. del lugar y tomando en cuenta que, si bien las condiciones climáticas no son iguales, ayudan a tener una idea sobre el cambio tan drástico en la precipitación en ese período. Como ya se ha mencionado en el capítulo anterior, el área de experimentación tiene por regla general, una precipitación promedio de 600 mm anuales, sin embargo, analizando la Gráfica 5, podemos observar que el temporal de 1982 fue uno de los más drásticos a nivel nacional; habiéndose registrado una precipitación de 275 mm únicamente, la cual es insuficiente para el desarrollo de cualquier cultivo. Es importante hacer notar que, simultáneamente al experimento de soya, se sembró maíz en este mismo sitio observándose que, a consecuencia de la escasez de agua, las plantas de maíz después de alcanzar aproximadamente 15 cm de altura murieron en su totalidad. Sin embargo, el cultivo de la soya en experimentación sobrevivió hasta la cosecha de grano; este hecho, demuestra que el cultivo de la soya puede adaptarse aún en zonas de temporal con cierto riesgo a cambios drás-



**GRAFICA Nº 5 DATOS CLIMATOLOGICOS DE CHILPANCINGO Y ZUMPANGO GRO.**  
 + FUENTE: S.A.R.H. DIRECCION GENERAL SERVICIO METEREOLÓGICO NACIONAL

ticos en la precipitación. En vista de que el cambio climático tan drástico ocurrido en el área de experimentación, afectó a la inoculación, en este experimento se hizo únicamente la evaluación a nivel de tratamientos es decir, se evaluó solamente el comportamiento de las tres variedades de soya (Cuadro 5).

Analizando las variables de respuesta del Cuadro 5 se puede discutir lo siguiente:

En altura de planta se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos o variedades, (Cuadro 1 del Apéndice) correspondiendo la mayor altura a la variedad CB con una media de 27.37 cm, y la menor a la variedad BM2 con una media de 23.69 cm, si bien la diferencia (3.68 cm) es estadísticamente significativa se puede considerar como un dato complementario pero no definitivo para la selección de variedades.

En el número de vainas por planta y peso de grano, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las variedades (tratamientos) por lo que se consideran las tres variedades iguales en estas características (Cuadros 2 y 3 del Apéndice, respectivamente).

El promedio de proteínas en grano resultó bueno en las tres variedades con un promedio de 38% (Cuadro 5). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de proteínas entre las tres variedades (Cuadro 4 del Apéndice).

En cuanto al rendimiento en grano se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos (Cuadro 5 del Apéndice), encontrándose que la mejor variedad es la BM2, con un rendimiento de 179.03 Kg/ha de grano, y el menor rendimiento correspondió a la variedad CM con 69.33 Kg/ha. Como se puede observar estos rendimientos son muy bajos, si consideramos que un buen rendimiento en este cultivo es de 2500 Kg/ha. No obstante, es necesario recalcar que las condiciones climáticas bajo las cuales se desarrolló este experimento no permitieron rendimientos más altos.

Con respecto al ciclo de las tres variedades y particularmente en lo relacionado al período de floración, se comprobó que tienen el mismo comportamiento (Banafunzi, N., 1982). Los datos obtenidos durante la experimentación, nos permiten considerar a las tres variedades como de ciclo corto y, por lo tanto, adecuadas para los lugares donde la precipitación puede ser baja.

## EXPERIMENTO 2

Los resultados de este experimento se presentan en el Cuadro 6, y los resultados sobre los análisis estadísticos en los Cuadros del 6 al 14 del Apéndice.

Las evaluaciones se hicieron en las siguientes etapas:

1. Inicio de la floración: la altura de planta.
2. Madurez fisiológica: se midió el número de vainas por planta, porcentaje de fósforo en follaje, porcentaje de proteína en follaje y número de nódulos a nivel de cuello.
3. Madurez comercial: rendimiento en grano, peso por grano y porcentaje de proteína en grano.

Tomando en consideración los resultados del Experimento 1, este segundo experimento se estableció el 12 de diciembre de 1982, fundamentalmente para tratar de observar la respuesta de este cultivo a la inoculación y fertilización bajo condiciones mejores de humedad. Para este propósito, este experimento fue llevado a cabo bajo condiciones de riego "mínimo", equivalente aproximadamente a una precipitación entre 400 y 500 mm, normal en este lugar, y tomando en consideración que en esta área no se cuenta con agua suficiente para riego. En este experimento se decidió probar otras dos variedades: la Bragg y RAX, junto con la BM2, ya que esta última demostró ser la mejor según los resultados del Experimento 1.

De los resultados de este experimento (Cuadro 6), se puede discutir lo siguiente:

Es muy probable que, aunque en menor grado que en el primer experimento, también en este segundo experimento, no fue suficiente la humedad en las dos primeras semanas después de la emergencia; este hecho probablemente repercutió en una disminución considerable de la nodulación y del rendimiento. Esto coincide con la opinión de algunos investigadores, quienes consideran que una de las etapas más sensible a la falta de agua en la soya, es en el estado de plántula. Estos autores han reportado una baja en el rendimiento, así como una inhibición en la formación de nódulos y en el crecimiento de los preexistentes en numerosas leguminosas observándose, en consecuencia, una disminución importante en la fijación de nitrógeno atmosférico (Rathore, 1981; Sivakumar, 1978; Brose, 1979; Racca, 1980 y Muldoon, 1980).

Analizando las variables de respuesta del Cuadro 6 se pueden discutir los resultados como sigue:

En altura de planta no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, tanto entre tratamientos (variedades) como entre subtratamientos (inoculación y fertilización), Cuadro 6 del Apéndice. La variedad con menor altura promedio fue la RAX con 17.89 cm y la de mayor altura la BM2 con 20.88 cm., lo que significa una

diferencia de 2.99 cm.

En la comparación de medias entre subtratamientos usando la prueba de Tukey, se encontró que en la variedad Bragg el subtratamiento T(+) es decir, el tratamiento no inoculado y fertilizado (60-40-20) fue superior al subtratamiento cepa 7, e igual a los demás. En la variedad BM2 el subtratamiento T(+) (con 24.06 cm.) fue diferente significativamente a los demás subtratamientos e igual al subtratamiento cepa 7. Finalmente, las medias de los subtratamientos con la variedad RAX se consideran todas iguales.

En peso seco del follaje por planta, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, tanto entre tratamientos como entre subtratamientos, con ninguno de los dos métodos estadísticos utilizados, análisis de varianza y prueba de Tukey, por lo que se consideran todos iguales.

En el número de nódulos cabe mencionar que, para la evaluación de esta variable de respuesta, se llevó el conteo de los nódulos presentes únicamente a nivel de cuello (parte superior de la raíz principal). El análisis estadístico no detectó diferencias significativas entre las tres variedades o tratamientos (Cuadro 8 del Apéndice). En cuanto a los subtratamientos es decir, a los 4 inoculantes ensayados y testigos, si hubo diferencias estadísticamente significativas al 0.01%. Dentro de la variedad Bragg todos los subtratamientos se consideran iguales. En

Cuadro 6. Respuesta de tres variedades de soya a la inoculación con varias cepas de *Rhizobium japonicum* (Experimento 2).

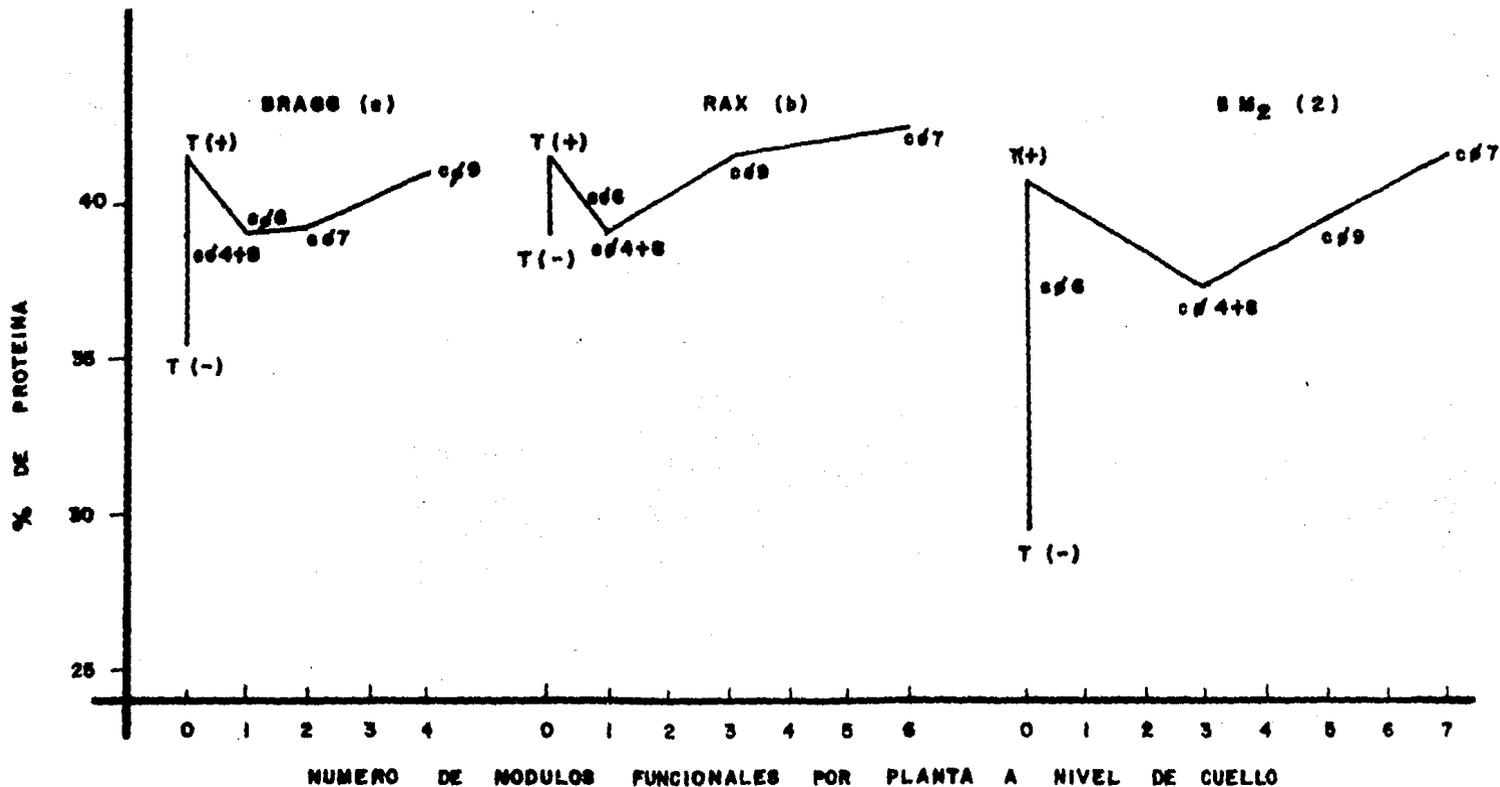
| VARIEDAD | TRATAMIENTO | ALTURA<br>(cm) | FOLLAJE<br>PESO SECO<br>(g) | No. DE NODULOS<br>POR PLANTA A<br>NIVEL DE CUELLO | No. DE VAINAS<br>POR PLANTA | PESO POR<br>GRANO<br>(Prom. de<br>100 gra-<br>nos. | FOSFORO EN<br>FOLLAJE<br>(%) | PROTEINA EN<br>FOLLAJE<br>(%) | PROTEINA EN<br>GRANO<br>(%) | RENDIMIENTO<br>(Kg./ha.) | DIAS A<br>LA<br>FLORACION | CICLO DEL CULTIVO<br>(Días a la madu-<br>ración del grano). |
|----------|-------------|----------------|-----------------------------|---|-----------------------------|--|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|---|
| BRAGG    | CEPA 6      | 18.76          | 1.70                        | 1.0   | 5.0                         | 0.10   | 0.06                         | 24.28                         | 39.8                        | 439.8                    | 36                        | 110   |
| "        | CEPA 4-8    | 19.93          | 2.07                        | -   | 8.0                         | 0.11   | 0.07                         | 23.94                         | 39.02                       | 552.06                   |                           |   |
| "        | CEPA 9      | 18.73          | 1.58                        | 4.0   | 6.0                         | 0.10   | 0.06                         | 24.05                         | 41.7                        | 416.31                   |                           |   |
| "        | CEPA 7      | 17.33          | 1.16                        | 2.0   | 5.0                         | 0.10   | 0.08                         | 26.24                         | 39.2                        | 413.73                   |                           |   |
| "        | X           | 18.68          | 2.05                        | 1.75  | 6.0                         | 0.1025   | 0.06                         | 24.62                         | 39.33                       | 455.48                   |                           |   |
| "        | T (-)       | 18.56          | 1.05                        | -   | 6.0                         | 0.10   | 0.06                         | 22.29                         | 35.49                       | 498.1                    |                           |   |
| "        | T (+)       | 21.0           | 1.53                        | -   | 7.0                         | 0.11   | 0.09                         | 25.54                         | 41.66                       | 542.46                   |                           |   |
| RAX      | CEPA 6      | 18.43          | 2.01                        | 1.0   | 7.0                         | 0.12   | 0.10                         | 27.65                         | 39.39                       | 628.3                    | "                         | "   |
| "        | CEPA 4-8    | 16.96          | 1.94                        | 1.0   | 6.0                         | 0.11   | 0.10                         | 26.22                         | 39.18                       | 435.43                   |                           |   |
| "        | CEPA 9      | 18.0           | 1.88                        | 3.0   | 6.0                         | 0.12   | 0.09                         | 27.74                         | 41.47                       | 711.86                   |                           |   |
| "        | CEPA 7      | 18.2           | 2.56                        | 6.0   | 8.0                         | 0.12   | 0.11                         | 26.01                         | 42.45                       | 665.96                   |                           |   |
| "        | X           | 17.89          | 2.09                        | 2.75  | 6.75                        | 0.1175   | 0.1                          | 26.9                          | 40.62                       | 610.38                   |                           |   |
| "        | T (-)       | 18.33          | 1.27                        | -   | 6.0                         | 0.12   | 0.08                         | 26.28                         | 39.18                       | 495.93                   |                           |   |
| "        | T (+)       | 18.26          | 1.38                        | -   | 6.0                         | 0.11   | 0.09                         | 27.76                         | 41.66                       | 534.73                   |                           |   |
| BM2      | CEPA 6      | 19.23          | 2.54                        | -   | 9.0                         | 0.10   | 0.08                         | 28.34                         | 37.97                       | 819.56                   |                           |   |
| "        | CEPA 4-8    | 21.0           | 3.34                        | 3.0   | 10.0                        | 0.12   | 0.11                         | 26.28                         | 37.55                       | 912.46                   |                           |   |
| "        | CEPA 9      | 21.16          | 2.75                        | 5.0   | 9.0                         | 0.11   | 0.06                         | 27.01                         | 39.62                       | 837.7                    |                           |   |
| "        | CEPA 7      | 22.16          | 1.84                        | 7.0   | 9.0                         | 0.12   | 0.06                         | 27.62                         | 41.64                       | 974.16                   |                           |   |
| "        | X           | 20.88          | 2.61                        | 3.75  | 9.25                        | 0.112  | 0.07                         | 27.31                         | 39.19                       | 891.71                   |                           |   |
| "        | T (-)       | 20.30          | 1.76                        | -   | 8.0                         | 0.11   | 0.07                         | 27.4                          | 29.62                       | 797.1                    |                           |   |
| "        | T (+)       | 24.06          | 1.68                        | -   | 7.0                         | 0.11   | 0.08                         | 27.75                         | 40.85                       | 709.16                   |                           |   |

NOTA: Peso seco en follaje, No. de nódulos, No. de vainas, porcentajes de fósforo y proteínas en follaje, se determinaron en la etapa de madurez fisiológica.

las variedades RAX y BM2, el mejor subtratamiento correspondió a la cepa 7, con 6 y 7 nódulos por planta respectivamente; este subtratamiento se considera estadísticamente igual al subtratamiento cepa 9, en el que se contaron 3 y 5 nódulos por planta en estas dos variedades, respectivamente.

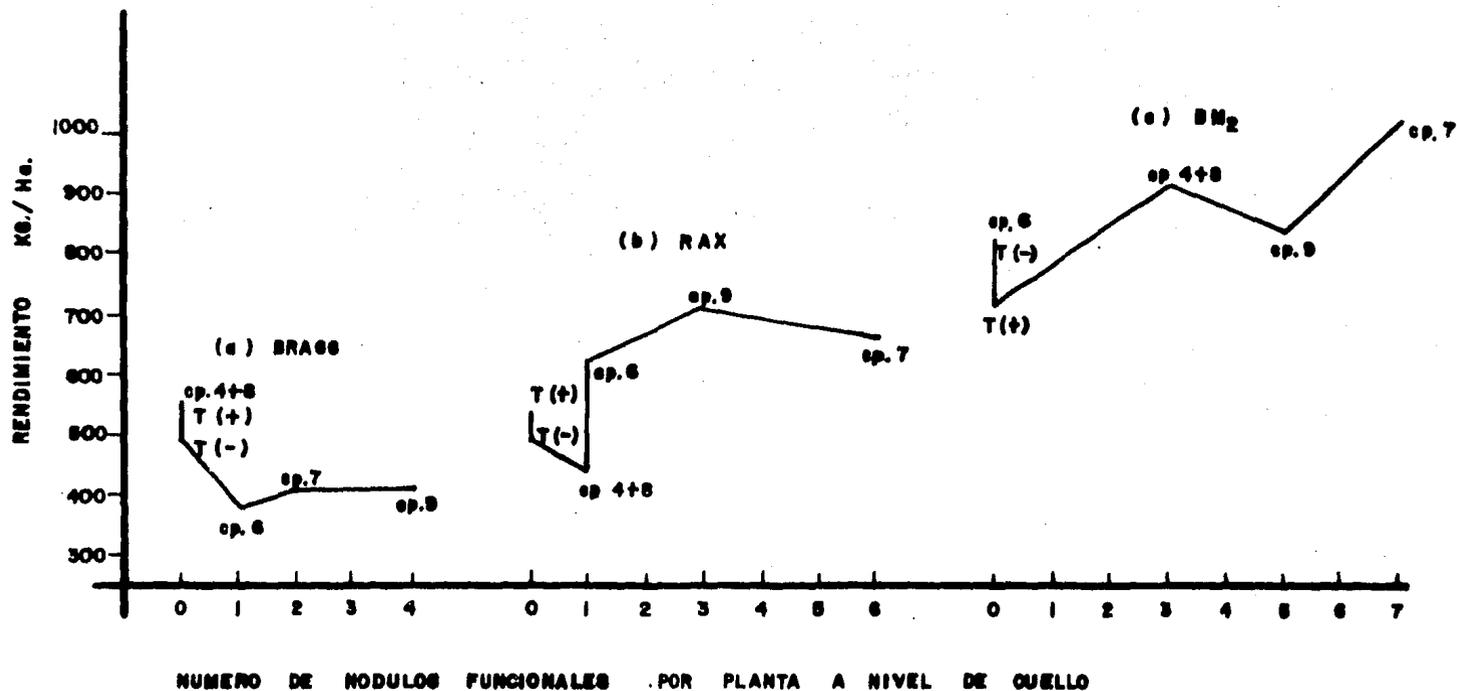
Evaluando la fijación biológica del nitrógeno, en la Gráfica 6a, b y c, se aprecia que el mayor número de nódulos funcionales es directamente proporcional al porcentaje de proteína en grano. En la variedad Bragg (Gráfica 6a), el subtratamiento cepa 9 resultó ser comparable al subtratamiento fertilizado T(+) en el contenido de proteína en grano, 41.7% y 41.66%, respectivamente; a la vez, éstos son superiores al subtratamiento sin fertilizar y sin inocular T(-) con 35.49% de proteína en grano. Con las variedades RAX y BM2 (Gráfica 6b y c), el subtratamiento cepa 7 resultó ser el mejor con un contenido de proteína en grano de 42.45% y 41.64%, respectivamente. Este subtratamiento resultó aún superior al fertilizado T(+) en esas dos variedades con 41.66% y 40.85%, respectivamente. El subtratamiento cepa 9, con 41.47% y 39.62%, se consideran estadísticamente igual a los antes mencionados.

Estos resultados permiten la evaluación final de la fijación biológica del nitrógeno la cual, como lo hace notar



**GRAFICA N°6** COMPARACION DEL NUMERO DE MODULOS Y EL PORCENTAJE DE PROTEINA EN GRANO EN LOS SUBTRATAMIENTOS DE LAS TRES VARIEDADES EN LOS TRATAMIENTOS INOCULADOS Y TESTIGOS.

Vincent (1975), puede hacerse determinando el nitrógeno total en grano y follaje como un método para esta evaluación. Por otra parte, Bezdicek et al., (1978), comparando tratamientos inoculados y no inoculados, encontraron un aumento en el contenido de nitrógeno total en grano, en los tratamientos inoculados (5.6% de nitrógeno total, equivalente a 34% de proteína), en comparación al testigo (4.8% de nitrógeno total equivalente a 30% de proteína). Sin embargo, Hinson y Hartwing (1978) hacen notar que toda prueba concluyente debe basarse en datos sobre el rendimiento de semilla en campo. En este aspecto coinciden la mayoría de los investigadores (Ham y Caldwell, 1978; Pulver et al., 1982; Bezdicek et al., 1978; Awai, 1981) quienes para evaluar el beneficio final que aporta la fijación biológica del nitrógeno, se basan en el rendimiento en grano. Tomando en consideración lo antes mencionado, en la Gráfica 7 se analiza el rendimiento de grano en Kg./ha., en relación al número de nódulos funcionales por planta a nivel de cuello, en donde se aprecia que, en las tres variedades ensayadas, el rendimiento resultó proporcional al efecto de la inoculación expresado en el número de nódulos. Apreciándose muy claramente que el efecto de la nodulación se tradujo en rendimientos en grano iguales o superiores a los obtenidos en los testigos (+), es decir, en los tratamientos no



**GRAFICA N° 7 COMPARACION DEL NUMERO DE NODULOS Y EL RENDIMIENTO EN EN GRANO DE LAS TRES VARIEDADES EN LOS SUBTRATAMIENTOS INOCULADOS Y TESTIGOS**

inoculados y fertilizados. Sin embargo, este comportamiento solamente se observó en las variedades BM2 y RAX, ya que la variedad Bragg no mostró una respuesta clara a la inoculación, probablemente, como consecuencia de su inadaptación a esta región. En particular en esta misma gráfica se aprecia que, en la variedad Bragg, los mejores subtratamientos correspondieron a la cepa 4+8 y al testigo fertilizado con 552.06 Kg./ha. y 542.46 Kg./ha., respectivamente. Se considera que, en el primer subtratamiento al no haber existido nodulación, se confirma la no respuesta de esta variedad a la inoculación con las cepas ensayadas. En la variedad RAX, los subtratamientos que dieron los rendimientos más altos fueron las cepas 9 y 7, con 711.86 Kg./ha. y 665.96 Kg./ha., respectivamente; los cuales fueron superiores al testigo fertilizado T(+), con el que se obtuvo 534.73 Kg./ha. En la variedad BM2, el subtratamiento que dio el rendimiento en grano más alto fue la cepa 7 con 974.16 Kg./ha. el cual además de haber producido la mejor nodulación, tuvo el mayor porcentaje de proteína en grano. Estos resultados nos permiten considerar que la variedad BM2 tuvo la mejor respuesta a la inoculación, y la de mayor eficiencia en la fijación de nitrógeno.

Número de vainas por planta. En esta variable, hubo diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 9

del Apéndice) al 0.05% entre variedades (tratamientos). La variedad BM2 resultó la mejor con 9.25 vainas por planta, promedio de los subtratamientos inoculados (Cuadro 6); en cuanto a sus testigos no inoculados ni fertilizados T(-), y el no inoculado y fertilizado T(+), tuvieron 8 y 7 vainas por planta respectivamente. La variedad Bragg tuvo el menor número de vainas con 6 vainas por planta, promedio de los subtratamientos inoculados. En los subtratamientos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 9 del Apéndice), por lo que no hubo efecto de la inoculación en esta variable y con esta variedad. Sin embargo, haciendo la comparación de medias se encontró que, dentro de la variedad Bragg, el subtratamiento cepa 4+8, con 10 vainas por planta fue superior al testigo sin fertilizar y sin inocular T(-) e igual a los demás subtratamientos. En las variedades RAX y BM2, todos los subtratamientos se consideran iguales, a excepción de los subtratamientos no inoculados ni fertilizados T(-) los cuales en la variedad BM2, fueron inferiores a los demás subtratamientos.

Peso por grano. En esta variable se encontró una diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 10 del Apéndice) al 0.01%, entre variedades (tratamientos). Las variedades BM2 y RAX fueron las mejores con 0.112 g y 0.117 g por grano respectivamente, promedio de los sub-

tratamientos inoculados (Cuadro 6); en cuanto a sus testigos no inoculado ni fertilizado T(-), y el no inoculado pero fertilizado T(+), tuvieron 0.11 g/grano en los subtratamientos para los dos de la variedad BM2, y de 0.12 y 0.11 g/grano en la variedad RAX, respectivamente. La de menor peso por grano fue la variedad Bragg, con un promedio de 0.1 g/grano en los subtratamientos inoculados, y sus testigos de 0.1 g y 0.11 g, respectivamente. En los subtratamientos se encontraron diferencias estadísticamente significativas al 0.05% (Cuadro 10 del Apéndice). Con la variedad Bragg y RAX todos los subtratamientos se consideran iguales. En la variedad BM2 el subtratamiento cepa 6 fue inferior a todos los demás.

Porcentaje de fósforo en follaje. En esta variable se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre variedades al 0.05% (Cuadro 11 de Apéndice). La variedad RAX, dio un promedio en los subtratamientos inoculados de 0.1% de fósforo en follaje, el cual fue superior a las variedades Bragg y BM2, con 0.06% y 0.07%, respectivamente. Estos valores se consideran muy bajos para las tres variedades, ya que el porcentaje de fósforo normal en plantas de soya se considera de 0.26%-0.27% (Chapman, 1973). Estos valores bajos se explican por la alta capacidad de fijación de fósforo que tienen estos suelos (Cuadro 4), habiéndose observado además, síntomas

muy marcados por la deficiencia en este elemento. En los subtratamientos se encontraron diferencias estadísticamente significativas al 0.01% en la variedad Bragg (Cuadro 11 del Apéndice). El mejor subtratamiento en esta variedad, correspondió al testigo fertilizado con 0.09% de fósforo en follaje, y los valores más bajos fueron de los subtratamientos T(-), cepa 6 y cepa 7 (Cuadro 6). En la variedad RAX, el mejor subtratamiento correspondió a la cepa 7, y el de menor valor al testigo sin fertilizar T(-). En la variedad BM2 el mejor subtratamiento correspondió al de la cepa 4+8 con 0.11% de fósforo en follaje, y los de menor valor a los subtratamientos de las cepas 9 y 7.

De los datos antes mencionados, se observa una relación muy interesante entre la fijación biológica del nitrógeno y absorción del fósforo ya que, analizando estos valores, se ve que los subtratamientos de mayor nodulación, en las variedades Bragg y BM2, tienen los valores más bajos de fósforo en follaje; esto coincide con lo mencionado por Ham y Caldwell (1978), quienes afirman que la eficiencia de los fertilizantes fosforados es mayor en la soya sin nodulación, atribuyendo esta explicación a que en esta soya existe una mayor superficie de contacto y, como consecuencia, una mayor capacidad de absorción. Por otra parte, Cassman et al., (1980) men-

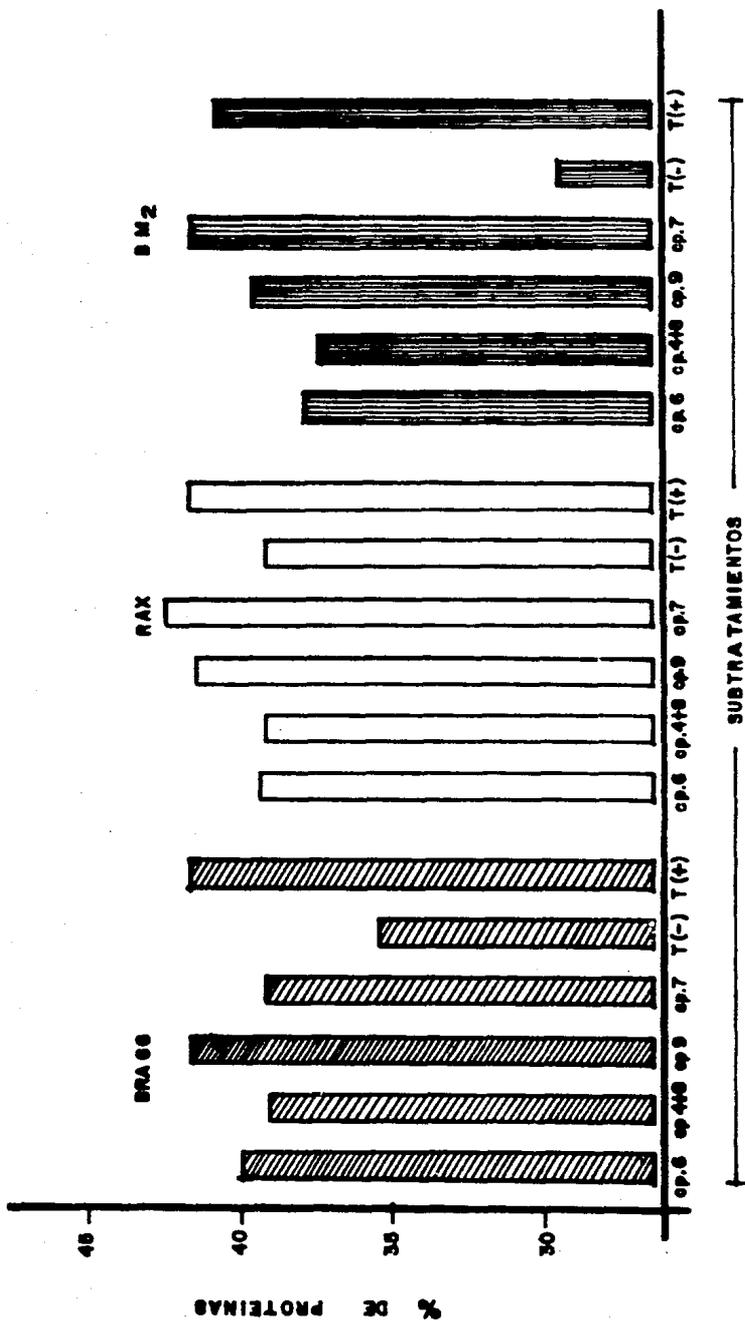
cionan que las plantas inoculadas tienen menos extenso el sistema radicular que las plantas no inoculadas. De lo anteriormente discutido, el efecto más claro se observó en la variedad BM2, en la que los subtratamientos inoculados (cepas 9 y 7) que presentaron la mejor nodulación tuvieron los valores más bajos de fósforo (Gráficas 6 y 7), se pudo ver que estas cepas fueron las más eficientes en la fijación de nitrógeno. Se notó además, que esta variedad fue más dependiente del nitrógeno proveniente de la fijación biológica. Con respecto a la variedad RAX, lo antes discutido no corresponde, ya que el subtratamiento cepa 9 que dio el mayor número de nódulos, también tuvo el mayor contenido de fósforo (0.11%), esto hace pensar que existen otros factores involucrados. A este respecto se mencionan dos posibles explicaciones: a) a que exista una diferencia significativa en el desarrollo del sistema radicular entre las variedades, y b) que la micorrización (V.A.) nativa se haya establecido en forma irregular entre las variedades, manifestándose en una diferente capacidad para obtener el fósforo del suelo.

Tomando en consideración lo antes discutido y, además, que estos suelos son altamente fijadores de fósforo, se hace importante realizar investigaciones sobre una doble inoculación (Rhizobium micorrizas), tomando en consideración lo mencionado por Mosse y Hayman, 1980 (citados

por Nava, S. R., 1983) de que la simbiosis de las micorrizas con la planta, incrementa la absorción de fósforo. Sería de suma importancia aprovechar también este recurso biológico, pues la aplicación de fertilizantes químicos fosforados en suelos fijadores no soluciona el problema.

Porcentaje de proteína en follaje. En esta variable, se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 12 del Apéndice) al 0.01% entre variedades (tratamientos), encontrándose que las mejores variedades fueron la BM2 y RAX, con un promedio de los subtratamientos inoculados de 27.31% y 26.9% de proteína en follaje, estas fueron superiores a la variedad Bragg, con la que se obtuvo 24.62% de proteína en follaje (Cuadro 6). Con respecto a los testigos sin inocular ni fertilizar T(-) y el no inoculado pero fertilizado (60-40-20) T(+), en las variedades BM2 y RAX, los valores de proteína, de 27.4 y 26.28%, y de 27.75 y 27.76%, respectivamente, fueron superiores a la variedad Bragg, con 22.29 y 25.54% en los testigos (-) y (+), respectivamente.

En cuanto a los subtratamientos (inoculados y testigos) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 12 del Apéndice), por lo que se podría considerar que no hubo efecto de la inoculación en el contenido de proteína en follaje; estos resultados parecen contradictorios con lo mencionado por Vest, G. et



**GRAFICA N° 8 COMPARACION DEL CONTENIDO DE PROTEINA EN GRANO DE LAS TRES VARIETADES EN LOS TRATAMIENTOS INOCULADOS Y TESTIGOS.**

al., (1973) y Vincent, J. M. (1975), los cuales consideran que un método para evaluar la fijación biológica del nitrógeno es por medio de la determinación de proteína en follaje. No obstante, el haber realizado la determinación de proteínas durante el período de llenado de las vainas, etapa en la que se lleva a cabo la traslocación del nitrógeno del follaje al grano, podría explicar el hecho de no haber encontrado diferencias significativas entre subtratamientos.

Porcentaje de proteína en grano. En esta variable, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 13 del Apéndice) entre variedades (tratamientos), por lo que las tres variedades se consideran con un grano de igual calidad protéica.

En cuanto a los subtratamientos (tratamientos inoculados y testigos) se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 13 del Apéndice) al .01%. En la Gráfica 8 se observa que, dentro de la variedad Bragg, los mejores subtratamientos son el inoculado con la cepa 9 con 4.7% de proteína, y el T(+) (testigo fertilizado) con 4.66%. En las variedades RAX y BM2, los mejores subtratamientos corresponden al inoculado con la cepa 7 con 42.45% y 41.64%, respectivamente; el T(+) (testigo fertilizado) con 41.66% y 40.85%, y el inoculado con la cepa 9 que alcanzó 41.47% y 39.62% de proteína, respec-

tivamente. Como se puede notar, el subtratamiento inoculado con la cepa 7 en las variedades RAX y BM2 es incluso, superior al testigo fertilizado. Comparando estos valores con el subtratamiento T(-) (testigo sin fertilizar y sin inocular), con porcentajes de proteína de 35.49%, 39.18% y 29.62% en las tres variedades, Bragg, RAX y BM2, respectivamente, se obtuvieron incrementos promedio de 8% de proteína en grano. En relación a la variable del porcentaje de proteína en grano como un medio para evaluar la fijación biológica del nitrógeno, Bezdicek et al., (1978), encontró un incremento promedio de 4% en los tratamientos inoculados con respecto a los no inoculados. Lo anterior hace resaltar una de las ventajas que se tienen al practicar la inoculación en esta leguminosa, es decir, el incremento de proteína en el grano que significa un aumento en la calidad del mismo.

**Rendimiento.** En esta variable se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 14 del Apéndice) al 0.01% entre variedades (tratamientos), correspondiendo el mejor a la variedad BM2 con un rendimiento promedio de los subtratamientos inoculados de 891.71 Kg/ha (Cuadro 6), que fue mayor por 436.23 Kg/ha al de la variedad Bragg con la que se obtuvo un rendimiento promedio de 455.55 Kg/ha, y 281.33 Kg/ha más que la variedad RAX que dió un rendimiento promedio de 610.38 Kg/ha. Estas diferencias también se dan entre los sub-

tratamientos T(-) (no inoculado ni fertilizado) y el subtratamiento T(+) (no inoculado y fertilizado). En los subtratamientos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Con la comparación de medias, en las variedades Bragg y RAX, todos los subtratamientos se consideran iguales. En la variedad BM2 el subtratamiento cepa 7 se considera el mejor.

#### CONCLUSIONES

1. Los suelos utilizados en el presente ensayo, se caracterizaron por ser homogéneos en sus características físicas y químicas. En términos generales, el suelo de experimentación resultó con valores medios de nitrógeno, alto en potasio y muy alto en calcio total. Las elevadas cantidades de calcio en este suelo constituyen la causa de una capacidad de fijación de fósforo muy alta y, consecuentemente, de que existan cantidades muy bajas de fósforo asimilable. Como en todos los suelos calcáreos, en estos suelos se presenta además, una deficiencia en hierro que provoca una muy marcada clorosis a la cual la soya, en particular, es altamente sensible.

Habiéndose encontrado que el suelo resultó homogéneo en sus propiedades, se puede concluir que las diferencias obtenidas en rendimiento y calidad del grano entre variedades se deben, más que a un efecto edáfico, a

las características genotípicas de las variedades y a diferencias en la respuesta a la inoculación y fertilización.

2. En el Experimento 1 los rendimientos en grano fluctuaron entre 69 Kg/ha y 179 Kg/ha, habiendo sido muy difícil evaluar el efecto de la inoculación y de fertilización. Estos rendimientos, muy bajos para este cultivo, se debieron a que este experimento coincidió con el temporal más seco en los últimos 15 años, con una precipitación total anual de 275 mm., que impidió la sobrevivencia de otros cultivos como el maíz, y que se estableciera adecuadamente la simbiosis Rhizobium-soya. De este experimento se puede concluir lo siguiente:

- a) Se encontró que la soya es altamente resistente a la sequía, notablemente mayor que el maíz. La soya constituye por este motivo, una alternativa para las zonas de temporal con riesgo a sequía.
- b) Se obtuvieron diferencias significativas en rendimiento de grano entre variedades, encontrándose que la variedad BM2 fue la mejor adaptada a la región.

3. Del Experimento 2, llevado a cabo bajo condiciones de riego "mínimo" para tratar de remedar a un temporal normal en la región, se puede concluir lo siguiente:

- a) Aún cuando la cantidad de humedad fue mayor que la que

se tuvo para el Experimento 1, en este experimento tampoco se cubrió la demanda mínima de humedad de la soya, sin embargo, bajo estas condiciones se obtuvieron diferencias altamente significativas entre variedades, fertilización e inoculación; habiéndose encontrado rendimientos en grano notablemente mayores a los del primer experimento, los cuales fluctuaron entre 400 Kg/ha y 900 Kg/ha.

- b) Se encontró que los rendimientos en grano, nos indican que la cantidad de humedad disponible, resultó el principal factor limitante para la soya en esta región. Resulta por tanto factible que, bajo mejores condiciones de humedad, se incrementen los rendimientos en grano.
- c) Los rendimientos mayores en grano y proteína en follaje, y la mayor respuesta a la inoculación correspondieron a la variedad BM2.

4. Con respecto al efecto de la inoculación y fertilización, se concluye lo siguiente:

- a) Se encontraron diferencias altamente significativas en la respuesta obtenida con las cepas de Rhizobium japonicum utilizadas. Las variedades BM2 y RAX dieron respuestas altamente significativas a la inoculación con las cepas 7 y 9, tanto en número de nódulos como en el contenido de proteína en grano.

- b) La variedad Bragg no mostró una respuesta clara a la inoculación.
- c) Los tratamientos inoculados resultaron ser estadísticamente iguales a los tratamientos fertilizados químicamente, tanto en rendimiento en grano como en el porcentaje de proteína en grano. Esto significa que la inoculación igualó los efectos de la fertilización química, haciéndose notar que, en los tratamientos inoculados, la fijación del nitrógeno resultó equivalente a la aplicación de 40 Kg de N/ha.

5. Aún cuando con el presente trabajo no es posible obtener conclusiones definitivas sobre el manejo y potencialidad de la soya en esta región, debido al período extraordinario de sequía antes referido; los resultados obtenidos constituyen la base para la realización de subsiguientes ensayos bajo condiciones de humedad que permitan evaluar el potencial real de este cultivo en la región.

## B I B L I O G R A F I A

- Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. Ed. EDITOR, S. A. México, p. 326-350.
- Association of Official Agricultural Chemist (AOAC). 1970. Official methods of analysis. Washington, D.C. Broad, William and Herwats.
- Awai, J. 1981. Inoculation of soybean (Glycine max L.) in Trinidad. Trop. Agric. (Trinidad). 58(4): p.313-318.
- Banafunzi, S.M.N. y colaboradores. 1981. A New Soybean for Human Consumption in the Tropics. World Conference on soya processing and utilization. Instituto Superior Agropecuario Autónomo del Estado de Guerrero, Unidad de Investigación y Divulgación, Iguala, Guerrero, México.
- Banafunzi, N. et al., 1982. Recomendaciones para el cultivo de soya variedad ISAAEG-BM<sub>2</sub>. Instituto Superior Agropecuario Autónomo del Estado de Guerrero. Iguala, Gro. México.
- Barrigas, C. y Sienfuentes, J. A. 1969. El cultivo de la soya en el noroeste. I.N.I.A.- S.A.G. Centro de Investigaciones Agrícolas del noroeste. Circular CIANO No. 39, México. p. 5-7.
- Bezdicek, D. F., Evans, D. W., Abede, B. and Witters, R. E. 1978. Evaluation of Peat and Granular Inoculum for Soybean Yield and N Fixation Under Irrigation. Agronomy Journal. 70. p. 865-868.
- Bhuvaneswari, T. V. Gillian, T. B. and Bauer, W. D. 1980. Early events in the infection of Soybean (Glycine max L. Merr) by Rizobium japonicum. Plant Physiol. 66. p. 1027-1031.

- Black, C. A., Evans, D. D., White, J. L., Ensminger, L. E. and Clark, F. E. 1979. Methods of soil analysis. I physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Agronomy 9. American Society of Agronomy. Inc. Publisher. Madison, Wisconsin. U.S.A.
- Blake, C. A. 1965. Bulk density in: Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. Madison, Wisconsin. American Society of Agronomy Inc. Agronomy 9. p. 771-1575.
- Boonkerd, N., Webwer, D. F. and Bezdicek, D. F. 1978. Influence of Rhizobium japonicum Strains and Inoculation methods on soybeans grown in Rhizobia- populated soil. Agronomy Journal. 70. p. 547-549.
- Bouyoucos, G. J. 1963. Directions for making mechanical analysis of soil by hydrometer method. Soil Sc. 42. p. 25-30.
- Bral, A. K., Shantharam, S. and Verma, D.P.S. 1980. Changes in the outer cell wall of Rhizobium during development of root nodule symbiosis in soybean. Can. J. Microbiol. 26. p. 1096-1103.
- Bray, H. H. and Kurtz, T. L. 1945. The determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sc. 59. p. 439-445.
- Brill, J. W. 1975. Regulation and genetics of bacterial nitrogen fixation. Ann. Review of Microbiology. vol. 29, p. 109-129.
- Bromfield, E.S.P. and Roughley, R. J. 1980. Characterization of Rhizobia isolated from nodules on locally-adapted Glycine max grown in Nigeria. Ann. Appl. Biol. 95. p. 185-190.

- Brose, E. Jardim, J. R. F. e Mielniczuk, J. 1979. Efeito da Umidade e Luminosidade sobre a Atividade de Nitrogenase nos Nódulos de Soja (Glycine max (L.) Merrill). *Agronomia Sulriograndense* 15(2). p.239-250.
- Carlson, B. J. 1973. Soybeans. Improvement, production and uses. American Society of Agronomy, Inc., Agronomy Num. 16. Edited by Caldwell, E.B. Publisher Madison. Wisconsin. U.S.A. p. 17-66.
- Cassman, K. G., Whitney, A. S. and Stockinger, K. F. 1980. Root Growth and Dry Matter Distribution of Soybean as affected by Phosphorus Stress, Nodulation and Nitrogen Source. *Crop. Sc.* 20. p. 239-243.
- CETENAL 1970. (Centro de Estudios del Territorio Nacional). Carta de Climas del Estado de Guerrero.
- Chapman, H. D. 1973. *Diagnosis Criteria for plants and soils.* 2 Ed. Riverside, California.
- CIANO 1974. (Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste). El cultivo de la soya en el noroeste de México. I.N.I.A.-S.A.G. Circular CIANO No. 72. México.
- CIANO No. 98. 1978. (Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste. Soya en el sur de Sonora. Circular CIANO No. 98. Ciudad Obregón, Son. México.
- CIAPAC 1981. (Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacífico Centro. Guía para el cultivo de la soya en la región de Tierra Caliente. Campo Agrícola Experimental "Tierra Caliente". I.N.I.A.-S.A.R.H. Mimeografiado Popular No. 6. Guerrero, México.
- Crispín, M. A. y Barrigas, S. C. 1970. El cultivo de la soya en México. I.N.I.A.- S.A.G. Folleto de Divulgación No. 38. México.

- Crispín, M. A. y Rodríguez, G. F. 1973. El cultivo de la soya en el Istmo de Tehuantepec. Centro de Investigaciones Agrícolas del Sureste (CIASE). Campo Agrícola Experimental del Istmo de Tehuantepec. I.N.I.A.-S.A.G. Circular CIASE No. 32. Oaxaca, México.
- DEGETENAL 1981. (Dirección General de Geografía del Territorio Nacional). Carta de uso del suelo y vegetación. Guerrero.
- De Luna, J. A. y Moreno, N. E. 1981. Adaptación de la variedad BM2 de soya (Glycine max) en Aguascalientes, México. Inédito.
- De Mooy, C. J., John, P. and Emil S. 1973. Soybeans. Improvement, Production and uses. American Society of Agronomy, Inc., Agronomy Num. 16. Edited by Caldwell, E. B. Publisher: Madison, Wisconsin, U.S.A., p. 267-334.
- Devine, T. E. and Brethaupt, B. H. 1980. Significance of Incompatibility Reactions of Rhizobium japonicum Stains with Soybean Host-Genotypes. Crop Science 20. p. 269-271.
- Fitts, J. and Waugh, D. 1966. Soil test interpretation studies laboratory and potted plant. N.C.S.U. Agric. Exp. Sta. Tech.
- García-Bernal, A. 1973. Cómo superar los rendimientos de soya en el Distrito de Riego No. 05 de Ciudad Delicias, Chih. Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste (CIANE). Campo Agrícola Experimental de Delicias, Chih. I.N.I.A.-S.A.G. Circular CIANE No. 54. Chihuahua, México.
- García, B. A. y Moncada, F. J. 1969. La fertilización e inoculación como factores determinantes en el rendimiento de la soya, en la región de Delicias, Chihuahua (1965-1960). Memoria del IV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Tomo I. México.

- Ham, G. E. and Caldwell, A. C. 1978. Fertilizer Placement Effects on Soybean Seed YIELD, N<sub>2</sub> Fixation, and P Uptake. Agronomy Journal 70. p. 779-783.
- - -, 1980. Interactions of Glycine max and Rhizobium japonicum. Advances in Legume Science. p. 289-298.
- Hatfield, J. L., Egli, D. E., Leggett, Joe and Peaslee, D. E. 1974. Effect of applied nitrogen on the nodulation and early growth of Soybean. Agron. J., 66. p. 112-5.
- Hiltbold, A. E., Thurlow, D. D. and Skipper, H. D. 1980. Evaluation of Commercial Soybean Inoculants by Various TEchniques. Agronomy Journal 72. p. 675-681.
- Hinson, K. 1969. Alternatives to seed-packet inoculation of soybean with Rhizobium japonicum. Agron. J. 6. p. 683-686.
- Hinson, K. y Hartwing, E. E. 1978. Nutrición de nitrógeno e inoculación. Producción y Protección Vegetal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. p. 52-59.
- Honeymead Products Company. Proceso del frijol. Traductor, García A. Asociación Americana de Soya. México, D. F. p. 7-11.
- Hughes, T. A. and Elkan, G. H. 1981. Study of the Rhizobium japonicum soybean symbiosis. Plant and Soil. 61. p. 87-91.
- Issac, A. R. and Kerber, J. D. 1972. Atomic absorption and flame photometry; techniques and uses in soil, plant and water analysis of soils and plant tissue. Soil Sci. Soc. of America Inc. p. 17-37.
- Jackson, M.L. 1964. Análisis Químico de Suelos. Barcelona. Omega.

- Jones, R. S., Patterson, R. P. and Raper, C. D. Jr. 1981. The influence of temperature and nitrate on vegetative growth and nitrogen accumulation by nodulated soybeans. *Plant and Soil* 63. p. 333-344.
- Keyser, H. H. Bohloul, B. B. Hu, T. S. and Weber, D. F. 1981. Fast-growing *Rhizobia* isolated from root nodules of soybean. *Science* 215. p. 1631-1632.
- Little, M. T. y Hills, J. F. 1981. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Ed. Trillas. México. p. 68-77 y 87-94.
- López, A. E. y Ferrera, C. R. 1981. Economía de nitrógeno e incremento en la producción de grano mediante el uso de cepas de *Rhizobium japonicum*, en el cultivo de soya (*Glycine max* L.) Merrill. XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. San Luis Potosí, S.L.P.
- M. Dye. 1979. Rothamsted Collection of *Rhizobium*. Catalogue of strains. Third Edition. Rothamsted Experimental Station. U.K.
- Manguiat, I. J. Torres, F. G. and Tilo, S. N. 1981. Preinoculation of field legume seeds with *Rhizobia*. *Phil. Agr.* 64. p. 113-124.
- Morris, D. R. Boonkerd, N. and Vasuvat, Y. 1980. Effects of N-Serve on soybean and soil nitrogen transformations. *Plant and Soil* 57. p. 31-39.
- Muldoon, J. F., Hume, D. J., and Beversdorf, W. D. 1980. Effects of seed and soil applied *Rhizobium japonicum* inoculants on soybean in Ontario. *Can. J. Plant Sci.* 60. p. 399-409.

- Munévar, F. and Wollum, A. G. 1981. Effect of High Root Temperature and Rhizobium strain on nodulation, nitrogen fixation and growth of soybeans. Soil Sci. Soc. Am. J. 45. p. 1113-1119.
- Munsell Soil Chart. 1975. Edition Munsell Color, Co. Maryland, E.U.A.
- Nava, S. R. 1983. Interacción de los hongos endomicorrízicos nativos (V.A.) en ensayos de inoculación de maíz con Glomus fasciculatus en suelos muy deficientes en fósforo. Tesis. Fac. de Química, U.N.A.M., México, D. F.
- Pantzay, Chonay, J. J. 1981. Efecto de la fertilización foliar sobre la compensación de la fijación biológica de nitrógeno por Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis M. en C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Pérez, G. P. y Tijerina, O.J.M. 1976. Júpiter variedad de soya para el sur de Tamaulipas. I.N.I.A.-S.A.G. Folleto de divulgación No. 62. México.
- Pinson Rincón, M. L. 1978. Efecto de la inoculación de Rhizobium japonicum en el rendimiento de soya. Tesis. Fac. de Química, U.N.A.M., México, D. F.
- Prohaska, K. R. and Fehr, W. R. 1981. Recurrent selection for resistance to iron deficiency chlorosis in soybean. Crop Science. 21. p. 524-526.
- Pulver, E. L., Brockman, F. and Wien, H. C. 1982. Nodulation of soybean cultivars with Rhizobium spp. and their response to inoculation with R. japonicum. Crop Science 22. p. 1065-1070.

- Racca, R. W., Bottini, R. Arguello, J. Chessa, A.L. Collino, D. y Tizio, R. 1980. Influencia de un período de stress hídrico y de algunos reguladores del crecimiento sobre el grado de nodulación de dos cultivos de soja. Rev. Fac. de Agronomía 1(1), p. 25-32.
- Raper, C. D. Jr., and Patterson, R. P. 1980. Environmental sensitivity of acetylene reduction activity in prediction of N Fixation in soybeans. Agronomy Journal 72, p. 717-719.
- Rathore, T. R. Chonkar, P. K. Sachan, R. S. and Ghildyal, B. P. 1981. Effect of soil moisture stress on legume Rhizobium symbiosis in soybeans. Plant and Soil 60. p. 445-450.
- Robles, S. R. 1978. Producción de granos y forrajes. Ed. LIMUSA. México. p. 501-540.
- Rodríguez, S. C. and Fehr, W. R. 1982. Variation in the inheritance to iron deficiency chlorosis in soybeans. Crop Science 22. p. 433-434.
- Sivakumar, M.V.K. and Shaw, R. H. 1978. Relative evaluation of water stress indicators for soybeans. Agronomy Journal 70. p. 619-622.
- Skipper, H. D., Palmer, J. H., Giddens, J. E. and Woodruff, J. M. 1980. Evaluation of commercial soybean inoculants from South Carolina and Georgia. Agronomy Journal 72. p. 674-675.
- Vargas, M.A.T., Peres, J. R.R. e Suhet, A. R. 1982. Aducação nitrogenada inoculação e épocas de Calagem para a soja em um solo sob cerrado. Pesq. Agropec. Bras., Brasília 17(8). p. 1127-1132.

- Vest, G., Weber, D. F. and Sloger, C. 1973. Soybeans. Improvement, production and uses. American Society of Agronomy, Inc. Agronomy Num. 16. Edited by Caldwell, E. B. Publisher Madison, Wisconsin, USA. p. 353-373.
- Vincent, J. M. 1975. Manual práctico de Rizobiología. Ed. Hemisferio Sur, S.R.L. Argentina. p. 90-92.
- Walkley, A. 1947. Critical examination for determining organic carbon in soils. Soil Sci. 63. p. 251-264.

**A P E N D I C E**

Cuadro 1. Análisis de varianza de la altura por planta. Experimento 1.

| FUENTE DE VARIACION    | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS | F CALCULADA | Ft. REQUERIDO<br>0.05    0.01 |      |
|------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|-------------------------------|------|
| Repeticiones (Bloques) | 2                  | 100.65            | 50.32            |             |                               |      |
| Tratamientos (T)       | 2                  | 136.84            | 68.42            | 9.33*       | 6.94                          | 18.0 |
| Error (Ep)             | 4                  | 29.33             | 7.33             |             |                               |      |
| SUBTOTAL               | 8                  | 266.72            |                  |             |                               |      |
| Subtratamientos (S)    | 5                  | 15.37             | 3.07             | 0.33 NS     | 2.53                          | 3.7  |
| Interacción (TxS)      | 10                 | 36.32             | 3.63             | 0.39 NS     | 2.16                          | 2.98 |
| Error (Es)             | 30                 | 272.90            | 9.09             |             |                               |      |
| TOTAL                  | 53                 | 591.37            |                  |             |                               |      |

NS = No significativo

\* = Significativo al 5%

Cuadro 2. Análisis de varianza del número de nódulos por planta. Experimento 1.

| FUENTE DE VARIACION    | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS | F CALCULADA | Ft. REQUERIDO<br>0.05    0.01 |      |
|------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|-------------------------------|------|
| Repeticiones (Bloques) | 2                  | 7.81              | 3.90             |             |                               |      |
| Tratamientos (T)       | 2                  | 36.59             | 18.29            | 4.61 NS     | 6.94                          | 18.0 |
| Error (Ep)             | 4                  | 15.86             | 3.96             |             |                               |      |
| SUBTOTAL               | 8                  | 60.26             |                  |             |                               |      |
| Subtratamientos (S)    | 5                  | 47.42             | 9.48             | 1.76 NS     | 2.53                          | 3.7  |
| Interacción (TxS)      | 10                 | 44.08             | 4.40             | 0.82 NS     | 2.16                          | 2.98 |
| Error (Es)             | 30                 | 161.0             | 5.36             |             |                               |      |
| TOTAL                  | 53                 | 312.76            |                  |             |                               |      |

NS = No significativo.

Cuadro 3. Análisis de varianza del peso por grano. Experimento 1.

| FUENTE DE VARIACION     | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS | I' CALCULADA | Ft. REQUERIDO<br>0.05    0.01 |      |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------|-------------------------------|------|
| Bloques (Repeticiones). | 2                  | 0.000544          | 0.00027          | 0.25 NS      | 6.94                          | 18.0 |
| Tratamientos (T)        | 2                  | 0.002433          | 0.00121          | 1.15 NS      | 6.94                          | 18.0 |
| Error (Ep)              | 4                  | 0.004223          | 0.00105          |              |                               |      |
| SUBTOTAL                | 8                  | 0.0072            |                  |              |                               |      |
| Subtratamientos (S)     | 5                  | 0.001661          | 0.00033          | 0.94 NS      | 2.53                          | 3.7  |
| Interacción (Txs)       | 10                 | 0.004722          | 0.00047          | 1.34 NS      | 2.16                          | 2.98 |
| Error (s)               | 30                 | 0.010567          | 0.00035          |              |                               |      |
| TOTAL                   | 53                 | 0.02415           |                  |              |                               |      |

NS = No significativo

Cuadro 4. Análisis de varianza del porcentaje de proteína en grano. Experimento 1.

| FUENTE DE VARIACION     | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS | F CALCULADA | Ft. REQUERIDO<br>0.05    0.01 |      |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|-------------------------------|------|
| Bloques (Repeticiones). | 2                  | 2.88              | 1.44             |             |                               |      |
| Tratamientos (T)        | 2                  | 9.22              | 4.61             | 0.66 NS     | 6.94                          | 18.0 |
| Error (Ep)              | 4                  | 27.74             | 6.93             |             |                               |      |
| SUBTOTAL                | 8                  | 39.84             |                  |             |                               |      |
| Subtratamientos (S)     | 5                  | 45.22             | 9.04             | 2.32 NS     | 2.53                          | 3.7  |
| Interacción (Txs)       | 10                 | 69.99             | 6.99             | 1.79 NS     | 2.16                          | 3.98 |
| Error (Es)              | 30                 | 116.92            | 3.89             |             |                               |      |
| TOTAL                   | 53                 | 271.97            |                  |             |                               |      |

NS = No significativo

Cuadro 5. Análisis de varianza del rendimiento (Kg/ha). Experimento 1.

| FUENTES DE VARIACION    | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS | F CALCULADA | Ft. REQUERIDO |      |
|-------------------------|--------------------|-------------------|-----------|-------------|---------------|------|
|                         |                    |                   |           |             | 0.05          | 0.01 |
| Bloques (Repeticiones). | 2                  | 522.29            | 261.14    | 0.03 NS     | 6.94          | 18.0 |
| Tratamiento (T)         | 2                  | 106902.06         | 53451.03  | 7.21*       | 6.94          | 18.0 |
| Error (Ep)              | 4                  | 29646.09          | 7411.52   |             |               |      |
| SUBTOTAL                | 8                  | 137070.44         |           |             |               |      |
| Subtratamientos (S)     | 5                  | 76614.0           | 15322.8   | 1.69 NS     | 2.53          | 3.7  |
| Interacción (Txs)       | 10                 | 170104.72         | 17010.47  | 1.87 NS     | 2.16          | 2.98 |
| Error (Es)              | 30                 | 271473.22         | 9049.1    |             |               |      |
| TOTAL                   | 53                 | 655262.38         |           |             |               |      |

NS = No significativo

\* = Significativo al 5%

Cuadro 6. Análisis de varianza de la altura de planta. Experimento 2.

| FUENTE DE VARIACION     | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS | F CALCULADA | F TABLA |      |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|---------|------|
|                         |                    |                   |                  |             | 0.05    | 0.01 |
| Bloques (Repeticiones). | 2                  | 2.08              | 1.04             | 0.13 NS     | 6.94    | 18.0 |
| Tratamientos (T)        | 2                  | 101.43            | 50.71            | 6.58 NS     | 6.94    | 18.0 |
| Error (Ep)              | 4                  | 30.8              | 7.7              |             |         |      |
| SUBTOTAL                | 8                  | 134.31            |                  |             |         |      |
| Subtratamientos (S)     | 5                  | 30.06             | 6.01             | 2.48 NS     | 2.53    | 3.70 |
| Interacción (Txs)       | 10                 | 36.34             | 3.63             | 1.5 NS      | 2.16    | 2.98 |
| Error (Es)              | 30                 | 72.86             | 2.42             |             |         |      |
| TOTAL                   | 53                 | 273.57            |                  |             |         |      |

NS = No significativo

Cuadro 7. Análisis de varianza en peso seco por planta. Experimento 2.

| FUENTE DE VARIACION     | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS | F CALCULADA | F TABLA |      |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|---------|------|
|                         |                    |                   |                  |             | 0.05    | 0.01 |
| Bloques (Repeticiones). | 2                  | 1.28              | 3.64             | 0.47 NS     | 6.94    | 18.0 |
| Tratamientos (T)        | 2                  | 5.90              | 2.95             | 2.20 NS     | 6.94    | 18.0 |
| Error (Ep)              | 4                  | 5.36              | 1.34             |             |         |      |
| SUBTOTAL                | 8                  | 12.54             |                  |             |         |      |
| Subtratamientos (S)     | 5                  | 7.14              | 1.42             | 2.29 NS     | 2.53    | 3.70 |
| Interacción (Txs)       | 10                 | 4.9               | 0.49             | 0.79 NS     | 2.16    | 2.98 |
| Error (Es)              | 30                 | 18.86             | 0.62             |             |         |      |
| TOTAL                   | 53                 | 43.44             |                  |             |         |      |

NS = No significativo

Cuadro 8. Análisis de varianza del número de nódulos por planta. Experimento 2.

| FUENTE DE VARIACION     | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS | F CALCULADA | Ft. REQUERIDO |      |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|---------------|------|
|                         |                    |                   |                  |             | 0.05          | 0.01 |
| Bloques (Repeticiones). | 2                  | 21.77             | 10.88            | 1.0 NS      | 6.94          | 18.0 |
| Tratamientos (T)        | 2                  | 14.77             | 7.38             | 0.68 NS     | 6.94          | 18.0 |
| Error (Ep)              | 4                  | 43.12             | 10.78            |             |               |      |
| SUBTOTAL                | 8                  | 79.66             | 9.95             |             |               |      |
| Subtratamientos (S)     | 5                  | 200.16            | 40.03            | 6.2 **      | 2.53          | 3.7  |
| Interacción (Txs)       | 10                 | 39.90             | 3.99             | 0.61 NS     | 2.16          | 2.98 |
| Error (Es)              | 30                 | 193.78            | 6.45             |             |               |      |
| TOTAL                   | 53                 | 513.50            | 9.68             |             |               |      |

NS = No significativo

\*\* = Significativo al 1%

Cuadro 9. Análisis de varianza del número de vainas por planta. Experimento 2.

| FUENTE DE VARIACION          | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS | F CALCULADA | Ft. REQUERIDO<br>0.05    0.01 |      |
|------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|-------------------------------|------|
| Bloques (Repeticio-<br>nes). | 2                  | 1.82              | 0.91             | 0.37 NS     | 6.94                          | 18.0 |
| Tratamientos (T)             | 2                  | 59.37             | 29.68            | 12.21 *     | 6.94                          | 18.0 |
| Error (Ep)                   | 4                  | 9.74              | 2.43             |             |                               |      |
| SUBTOTAL                     | 8                  | 70.93             |                  |             |                               |      |
| Subtratamientos (S)          | 5                  | 6.98              | 1.39             | 0.51 NS     | 2.53                          | 3.7  |
| Interacción (Txs)            | 10                 | 31.08             | 3.1              | 1.14 NS     | 2.16                          | 2.98 |
| Error (Es)                   | 30                 | 81.11             | 2.7              |             |                               |      |
| TOTAL                        | 53                 | 190.1             |                  |             |                               |      |

NS = No significativo

\* = Significativo al 5%

Cuadro 10. Análisis de varianza del peso por grano. Experimento 2.

| FUENTE DE VARIACION          | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS | F CALCULADA | Ft. REQUERIDO<br>0.05    0.01 |      |
|------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|-------------------------------|------|
| Bloques (Repeticio-<br>nes). | 2                  | 0.001             | 0.005            |             |                               |      |
| Tratamientos (T)             | 2                  | 0.002             | 0.001            | 20 **       | 6.94                          | 18.0 |
| Error (Ep)                   | 4                  | 0.0002            | 0.00005          |             |                               |      |
| SUBTOTAL                     | 8                  | 0.0032            |                  |             |                               |      |
| Subtratamientos (S)          | 5                  | 0.0016            | 0.00032          | 2.9 *       | 2.53                          | 3.7  |
| Interacción (Txs)            | 10                 | 0.0009            | 0.00009          | 0.81 NS     | 2.16                          | 2.98 |
| Error (Es)                   | 30                 | 0.0033            | 0.00011          |             |                               |      |
| TOTAL                        | 53                 | 0.009             |                  |             |                               |      |

NS = No significativo

\* = Significativo al 5%

\*\* = Significativo al 1%

Cuadro 11. Análisis de varianza del porcentaje de fósforo de follaje. Experimento 2.

| FUENTE DE VARIACION     | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS | F CALCULADA | Ft. REQUERIDO<br>0.05    0.01 |      |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|-------------------------------|------|
| Bloques (Repeticiones). | 2                  | 0.00012           | 0.00006          |             |                               |      |
| Tratamientos (T)        | 2                  | 0.0051            | 0.00255          | 15.0 *      | 6.94                          | 18.0 |
| Error (Ep)              | 4                  | 0.00068           | 0.00017          |             |                               |      |
| SUBTOTAL                | 8                  | 0.0059            |                  |             |                               |      |
| Subtratamientos (S)     | 5                  | 0.0038            | 0.00076          | 21.11 **    | 2.53                          | 2.16 |
| Interacción (Txs)       | 10                 | 0.0039            | 0.00039          | 10.03 **    | 2.16                          | 2.98 |
| Error (Es)              | 30                 | 0.0011            | 0.000036         |             |                               |      |
| TOTAL                   | 53                 | 0.0236            |                  |             |                               |      |

\* = Significativo al 5%

\*\* = Significativo al 1%

Cuadro 12. Análisis de varianza del porcentaje de proteína en follaje. Experimento 2.

| FUENTE DE VARIACION     | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS | F CALCULADA | Ft. REQUERIDO<br>0.05    0.01 |      |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|-------------------------------|------|
| Bloques (Repeticiones). | 2                  | 1.72              | 0.86             |             |                               |      |
| Tratamientos (T)        | 2                  | 95.10             | 47.55            | 30.18 **    | 6.94                          | 18.0 |
| Error (Ep)              | 4                  | 6.30              | 1.57             |             |                               |      |
| SUBTOTAL                | 8                  | 103.12            |                  |             |                               |      |
| Subtratamientos (S)     | 5                  | 22.17             | 4.43             | 1.41 NS     | 2.53                          | 3.7  |
| Interacción (Txs)       | 10                 | 25.04             | 2.5              | 0.80 NS     | 2.16                          | 2.98 |
| Error (Es)              | 30                 | 93.88             | 3.12             |             |                               |      |
| TOTAL                   | 53                 | 244.21            |                  |             |                               |      |

NS = No significativo

\*\* = Altamente significativo

Cuadro 13. Análisis de varianza del porcentaje de proteína en grano. Experimento 2.

| FUENTE DE VARIACION     | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS | F CALCULADA | Ft. REQUERIDO |      |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|---------------|------|
|                         |                    |                   |                  |             | 0.05          | 0.01 |
| Bloques (Repeticiones). | 2                  | 1.46              |                  |             |               |      |
| Tratamientos (T)        | 2                  | 24.09             | 12.04            | 6.65 NS     | 6.94          | 18.0 |
| Error (Ep)              | 4                  | 7.27              | 1.81             |             |               |      |
| SUBTOTAL                | 8                  | 32.82             |                  |             |               |      |
| Subtratamientos (S)     | 5                  | 101.77            | 20.35            | 9.37 **     | 2.53          | 3.7  |
| Interacción (Txs)       | 10                 | 41.55             | 4.15             | 1.91 NS     | 2.16          | 2.98 |
| Error (Es)              | 30                 | 65.2              | 2.17             |             |               |      |
| TOTAL                   | 53                 | 265.43            |                  |             |               |      |

NS = No significativo

\*\* = Significativo al 1%

Cuadro 14. Análisis de varianza para rendimiento en grano (Kg/ha). Experimento 2.

| FUENTE DE VARIACION     | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS | F CALCULADA | Ft. REQUERIDO |      |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|---------------|------|
|                         |                    |                   |                  |             | 0.05          | 0.01 |
| Bloques (Repeticiones). | 2                  | 25271.78          | 12635.89         |             |               |      |
| Tratamientos (T)        | 2                  | 1327188.1         | 663594.05        | 23.99 **    | 6.94          | 18.0 |
| Error (Ep)              | 4                  | 110644.62         | 27661.15         |             |               |      |
| SUBTOTAL                | 8                  | 1463104.5         |                  |             |               |      |
| Subtratamientos (S)     | 5                  | 56583.3           | 11316.66         | 0.60 NS     | 2.53          | 3.70 |
| Interacción (Txs)       | 10                 | 320902.97         | 32090.29         | 1.72 NS     | 2.16          | 2.98 |
| Error (Es)              | 30                 | 557265.63         | 18575.52         |             |               |      |
| TOTAL                   | 53                 | 2397856.4         |                  |             |               |      |

NS = No significativo

\*\* = Significativo al 1%