

EFECTO DE LA FERTILIZACION FOLIAR SOBRE LA  
COMPENSACION DE LA FIJACION BIOLOGICA DE NITROGENO  
POR *Rhizobium phaseoli* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

José Jesús Chonay Pantzay \*



Este trabajo es un resumen de la tesis con que el autor optará el Grado de M. C., Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.



## SINOPSIS

El objeto del trabajo fue la de evaluar bajo condiciones de campo, tres cepas de *Thizobium phaseoli* y la mezcla de ellas, en frijol, bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada al suelo, y foliar aplicada en dos épocas: antes de la floración y en el período de llenado de grano.

La evaluación se hizo: en estado vegetativo a los 30 días después de la siembra, y al inicio de la floración a los 70 días después de la siembra, en base a número de nódulos, peso seco de nódulos, número de nódulos efectivos y no efectivos, peso seco de la parte aérea y raíces y contenido de nitrógeno en la parte aérea y raíces, y a la cosecha, en base a rendimiento de grano, contenido de nitrógeno del grano, rendimiento de proteína y peso seco del grano proveniente de 30 vainas de cada unidad experimental.

Entre los resultados más relevantes están los siguientes 1) no se observaron diferencias estadísticas entre cepas de *Rhizobium phaseoli* para ninguna de las características medidas a los 30 y 70 días después de la siembra y la cosecha, 2) se observó efecto de la fertilización nitrogenada foliar, siendo este mayor al aplicar en el período del llenado de grano cuando se hizo más temprano y 3) la fertilización nitrogenada foliar fue más efectiva que la fertilización al suelo.

## I. INTRODUCCION

Es de conocimiento general que las leguminosas de grano son de importancia para el consumo humano. Al respecto Bressani (1965), menciona que el frijol proporciona el 33% de la proteína diaria consumida en las áreas rurales y urbanas de las poblaciones de latinoamericana, aportando aminoácidos esenciales que son deficientes en el maíz y en los demás cultivos amiláceos. Al respecto, cabe señalar que el contenido de proteína del frijol oscila entre 19.2 a 27.9% (Brassani 1967).

El frijol tiene la capacidad de asociarse en forma simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* y fijar nitrógeno atmosférico, por lo que, mediante el manejo adecuado de dicho proceso, se puede obtener un ahorro de fertilizantes nitrogenados.

Sin embargo, la inoculación del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), con *Rhizobium phaseoli* no ha sido una alternativa eficiente a la fertilización nitrogenada, ya que por un lado, las variedades comerciales no responden bien a la inoculación, y por otro lado, aún cuando los frijoles nativos muestran mayor viabilidad en su capacidad para fijar el nitrógeno simbióticamente, presentan menor potencial de rendimiento (Graham 1979).

La demanda de los nutrimentos y su translocación varía de acuerdo a la planta, su edad, estado de desarrollo, y el tipo de nutrimento (Greenwood, 1978). Con respecto a la translocación del nitrógeno en el llenado de grano en leguminosas, Sinclair (1976) señala que existe remobilización del nitrógeno de las partes vegetativas hacia el fruto, porque se detiene el desarrollo de las raíces y la fijación de nitrógeno atmosférico se vuelve nula por la alteración y degradación del sistema radicular.

Lo anterior, y por el hecho que la fijación de nitrógeno en forma simbiótica no aporta todo el nitrógeno que la planta de frijol necesita, hace interesante investigar el efecto compensatorio de aplicaciones foliares de nitrógeno (en forma de urea) y su interacción con cepas de *Rhizobium phaseoli*.

## HIPOTESIS

De acuerdo con los objetivos, las hipótesis a probar son las siguientes:

Existe diferencia entre las cepas de *Rhizobium phaseoli* para el frijol, en cuanto a peso seco del follaje, raíces y nódulos, número de nódulos, contenido de nitrógeno en el grano, follaje y raíces en diferentes estados del desarrollo de la planta y rendimiento de grano.

Existe efecto de la fertilización foliar en cuanto a peso seco de follaje, raíces y nódulos, número de nódulos, contenido de nitrógeno en el grano, follaje y raíces en diferentes estados del desarrollo de la planta y rendimiento de grano.

No existe diferencia en cuanto a rendimiento de grano, entre las diferentes formas de suplir el nitrógeno al frijol: inoculación con *Rhizobium phaseoli*, aplicaciones al suelo y fertilización foliar.

## SUPUESTOS

Para probar las hipótesis planteadas se establecieron los siguientes supuestos:

El suelo utilizado para la investigación, y de acuerdo con investigaciones realizadas, no es deficiente en elementos menores tales como: molibdeno, cobalto y fierro, por lo que no se aplicaron como fertilizantes.

Las cantidades de fósforo y potasio usadas controlan las posibles deficiencias de dichos tratamientos.

Las cepas de *Rhizobium phaseoli* utilizadas son compatibles con la variedad de frijol usado.

## II. MATERIALES Y METODOS

Los factores estudiados fueron: Cepas de *Rhizobium phaseoli*, niveles y épocas de la fertilización foliar de nitrógeno, y niveles de nitrógeno aplicado al suelo. En el Cuadro 1 se detallan sus respectivos niveles en estudio.

CUADRO 1. Descripción de los niveles de cada uno de los factores en estudio.

|                                                  |                                          |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Cepas de <i>Rhizobium phaseoli</i> <sup>1/</sup> | Cp-10, Cp-28, Cp31, Cp-M <sup>3/</sup>   |
| Nitrógeno aplicado foliar: <sup>2/</sup>         | 0, 15, 30 y 45 kg de N/ha                |
| Épocas de aplicación foliar de nitrógeno:        | (1) antes de la floración                |
| Nitrógeno aplicado al suelo <sup>2/</sup>        | (2) período temprano de llenado de grano |

1/ Cepas de *Rhizobium phaseoli* proporcionadas por la Sección de Microbiología y Bioquímica de Suelos del Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

2/ La fuente de nitrógeno es urea (46% N)

3/ Resulta de la mezcla de las cepas Cp-10, Cp-28, Cp-31.

Para evaluar los factores en estudio se realizaron dos experimentos. En el primero de ellos se evaluó el efecto de las cepas de *Rhizobium phaseoli*, niveles y épocas de la fertilización foliar, y en el segundo, el efecto de cepas de *Rhizobium phaseoli* y de fertilización nitrogenada aplicada al suelo.

Para el primer experimento se utilizó el diseño de parcelas subdivididas, donde las parcelas grandes correspondieron a las cepas de *Rhizobium phaseoli*, las parcelas medianas a los niveles de fertilización foliar y las parcelas pequeñas a las épocas de aplicación de la fertilización foliar. La combinación de estos tres factores en sus niveles estudiados, dió un total de 32 unidades experimentales, los cuales se distribuyeron en un diseño experimental de bloques al azar para la parcela grande en cuatro repeticiones. Para el segundo experimento se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones.

La siembra de ambos experimentos se realizó el 10. de junio de 1980, fertilizándose con una cantidad constante de fósforo y potasio de 60 y 30 kg/ha respectivamente, y el segundo experimento además con una mitad del nitrógeno, en la siembra y la otra mitad en los 30 días (en la primera labor).

Las aplicaciones foliares de nitrógeno en el primer experimento, se realizaron con una bomba manual, procurando una pulverización fina de las gotas y una aplicación uniforme para cubrir el follaje, ellas se hicieron de 6:00 a.m. a 8.00 a.m.

La fuente de nitrógeno utilizada fue la urea, en una solución al 4% de urea, equivalente a 1.85% de N. La cantidad aplicada en cada aspersion fue de 7.35 kg de N/ha, lo que equivale a 16 kg de urea/ha diluida en 400 litros de agua.

Para aplicar las cantidades de nitrógeno para cada nivel fue necesario realizar varias aplicaciones, las que se detallan en el Cuadro 2. para ambas épocas de aplicación.

Las aplicaciones foliares de nitrógeno correspondiente a la primera época (antes de la floración) se realizaron a partir de los 33 días hasta 60 días después de la siembra, y las aplicaciones de la segunda

CUADRO 2. Cantidad y fecha de aplicaciones foliares para cada época y nivel de nitrógeno.

| Epoca de Aplicación*            | Fecha de aplicación | Cantidad de nitrógeno aplicado por aplicación para cada nivel de nitrógeno, en kg/ha |      |      |      |
|---------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|
|                                 |                     | 0                                                                                    | 15   | 30   | 45   |
| 1                               | 5 de julio          | —                                                                                    | —    | —    | 7.37 |
| 1                               | 11 de julio         | —                                                                                    | —    | —    | 7.37 |
| 1                               | 16 de julio         | —                                                                                    | —    | 7.37 | 3.37 |
| 1                               | 21 de julio         | —                                                                                    | —    | 3.37 | 7.37 |
| 1                               | 25 de julio         | —                                                                                    | 7.37 | 7.37 | 7.37 |
| 1                               | 30 de julio         | —                                                                                    | 7.37 | 7.37 | 7.37 |
| Total de aplicaciones por nivel |                     | 0                                                                                    | 2    | 4    | 6    |
| 2                               | 13 de agosto        | —                                                                                    | —    | —    | 7.37 |
| 2                               | 18 de agosto        | —                                                                                    | —    | —    | 7.37 |
| 2                               | 22 de agosto        | —                                                                                    | —    | 7.37 | 7.37 |
| 2                               | 27 de agosto        | —                                                                                    | —    | 7.37 | 7.37 |
| 2                               | 31 de agosto        | —                                                                                    | 7.37 | 7.37 | 7.37 |
| 2                               | 5 de sept.          | —                                                                                    | 7.37 | 7.37 | 7.37 |
| Total de aplicaciones por nivel |                     | 0                                                                                    | 2    | 4    | 6    |

\* Epoca de aplicación: 1 = antes de la floración. 2 = período de llenado de grano.

época (período de llenado de grano) se realizaron a partir de los 65 días hasta los 95 días después de la siembra.

Para evaluar el efecto de los factores en estudio, se consideraron tres estados del desarrollo y en cada uno de ellos se midieron las siguientes características de la planta de frijol:

1. Estado vegetativo: peso seco de nódulos, número de nódulos, número de nódulos efectivos y no efectivos, peso seco de la parte aérea y raíces y contenido de nitrógeno en la parte aérea y raíces.

2. Inicio de la floración: las mismas características que en el estado vegetativo.

3. Madurez fisiológica: rendimiento de grano, contenido de nitrógeno (%) total del grano, rendimiento de proteína por ha, y peso seco de grano proveniente de 30 vainas por cada unidad experimental.

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los tres estados del desarrollo considerados. Al respecto, cabe aclarar que el estado vegetativo se consideró a los 30 días después de la siembra, el inicio de la floración fue a los 70 días después de la siembra y la madurez fisiológica a los 140 días después de la siembra.

#### 1. ESTADO VEGETATIVO A LOS 30 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA

Respecto a la influencia de las cepas de *Rhizobium phaseoli* sobre las características consideradas: peso seco de nódulos, número de nódulos, número de nódulos efectivos y no efectivos peso seco de la parte aérea y raíces, y contenido de nitrógeno en la parte aérea y raíces, no se encontraron diferencias significativas entre las cepas de *Rhizobium phaseoli* y tampoco para dosis de nitrógeno aplicado al suelo. Por otra parte los tratamientos sin fertilización nitrogenada mostraron valores semejantes a las características de los tratamientos inoculados, lo que nos indicaría la presencia de cepas nativas de *Rhizobium phaseoli*, ya que dichos tratamientos no fueron inoculados.

#### 2. INICIO DE LA FLORACION, A LOS 70 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA

Las características medidas en este estado: Número de nódulos, peso seco de nódulos, número de nódulos efectivos y no efectivos, peso seco de la parte aérea y raíces, y contenido de nitrógeno en la parte aérea y raíces, no fueron afectadas por las cepas de *Rhizobium phaseoli*,

por los niveles de fertilización foliar de nitrógeno aplicada antes de la floración y por los niveles de nitrógeno aplicado al suelo.

De las características anteriores; peso seco de nódulos, número de nódulos, número de nódulos efectivos y no efectivo, se presentan coeficientes de variación muy altos, aunque están dentro del ámbito de los encontrados por Cuautle (1979) y Fuentes (1981).

### 3. COSECHA, A LOS 140 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA

#### 3.1 Rendimiento de grano

En los Cuadros 3 y 4 se presentan los valores de rendimiento de grano obtenidos en los experimentos 1 y 2.

En base a los análisis de varianza, se observa que hubo efecto significativo (al 5% de probabilidad) de los niveles y época de fertilización nitrogenada foliar y de la interacción de niveles por época de fertilización nitrogenada foliar en el experimento de los tratamientos en el experimento 2.

En cuanto al efecto significativo del factor de fertilización foliar de nitrógeno, este se debe a que el nivel de 30 kg de N/ha rindió significativamente más que los niveles de 0, 15 y 45 kg de N/ha, y el nivel de 15 kg de N/ha más que los niveles 0, 45 kg de N/ha (Cuadro 3).

En relación a la época de aplicación foliar de nitrógeno, se observó que la época 2 (período temprano del llenado de grano) rindió significativamente más que la época 1 (antes de la floración). Sin embargo, esto se debe al mayor rendimiento de la época 2 con el nivel de 30 kg de N/ha, lo cual explica también la interacción de nivel de fertilización foliar por época.

Por otra parte, cuando se aplicó el nitrógeno al suelo (Cuadro 4) se observa un mayor rendimiento significativo del nivel de 60 kg de N/ha sobre los demás niveles.

En la Fig. 1 puede observarse el efecto de la fertilización foliar de nitrógeno aplicado en las dos épocas consideradas y el efecto de la aplicación al suelo, sobre el rendimiento de grano. En ella es fácil

CUADRO No. 3

Efecto de la inoculación con *Rhizobium phaseoli*, nivel y época de la fertilización foliar de nitrógeno sobre el rendimiento de grano (*Phaseolus vulgaris*, L.). Experimento 1.

| Cepas de <i>Rhizobium phaseoli</i> | Nivel de fertilización foliar de nitrógeno (kg/ha) | Epoca de Aplicación <sup>1/</sup>                            |           | Medias <sup>2/</sup> | Medias de Cepas |
|------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------------|
|                                    |                                                    | 1                                                            | 2 (kg/ha) |                      |                 |
| Cp-10                              | 0                                                  | 1766.14                                                      | 1600.00   | 1602.36              | 1950.00         |
|                                    | 15                                                 | 1934.43                                                      | 1913.43   | 1924.20              |                 |
|                                    | 30                                                 | 2332.86                                                      | 2798.46   | 2565.66              |                 |
|                                    | 45                                                 | 1627.16                                                      | 1629.06   | 1628.11              |                 |
|                                    | Medias                                             | 1915.28                                                      | 1918.24   |                      |                 |
| Cp-28                              | 0                                                  | 1632.10                                                      | 1641.71   | 1636.91              | 1983.63         |
|                                    | 15                                                 | 1925.36                                                      | 1930.85   | 1933.11              |                 |
|                                    | 30                                                 | 2361.89                                                      | 2739.14   | 2550.45              |                 |
|                                    | 45                                                 | 1812.89                                                      | 1815.26   | 1814.07              |                 |
|                                    | Medias                                             | 1935.53                                                      | 2031.74   |                      |                 |
| Cp-31                              | 0                                                  | 1460.88                                                      | 1470.31   | 1465.59              | 1974.48         |
|                                    | 15                                                 | 1972.73                                                      | 2073.66   | 2023.15              |                 |
|                                    | 30                                                 | 2404.28                                                      | 2866.32   | 2635.20              |                 |
|                                    | 45                                                 | 1775.46                                                      | 1772.47   | 1773.20              |                 |
|                                    | Medias                                             | 1903.29                                                      | 2045.67   |                      |                 |
| Cp-M                               | 0                                                  | 1550.33                                                      | 1573.33   | 1561.83              | 1896.64         |
|                                    | 15                                                 | 1843.02                                                      | 1931.82   | 1887.42              |                 |
|                                    | 30                                                 | 2255.83                                                      | 2735.41   | 2495.65              |                 |
|                                    | 45                                                 | 1670.02                                                      | 1613.33   | 1641.67              |                 |
|                                    | Medias                                             | 1829.80                                                      | 1963.48   |                      |                 |
|                                    |                                                    | Medias de niveles por época                                  |           | Medias de niveles    |                 |
|                                    | 0                                                  | 1602.36g                                                     | 1511.34g  | 1586.26c.            |                 |
|                                    | 15                                                 | 1941.52g                                                     | 1962.42g  | 1941.97b             |                 |
|                                    | 30                                                 | 2338.53d                                                     | 2784.83e  | 2561.74a             |                 |
|                                    | 45                                                 | 1721.38g                                                     | 1707.58g  | 1714.45c             |                 |
|                                    | Medias de época                                    | 1895.97b                                                     | 2006.53a  |                      |                 |
| Valores de DSH al 5%:              |                                                    | Las medias con la misma letra son iguales al 5% probabilidad |           |                      |                 |
| Cepas                              |                                                    | NS <sup>3/</sup>                                             |           |                      |                 |
| Niveles de N foliar                |                                                    | 212                                                          |           |                      |                 |
| Nivel de N foliar * cepas          |                                                    | NS                                                           |           |                      |                 |
| Epoca                              |                                                    | 85                                                           |           |                      |                 |
| Epoca * cepas                      |                                                    | NS                                                           |           |                      |                 |
| Epoca * nivel de N foliar          |                                                    | 270                                                          |           |                      |                 |
| Epoca * nivel de N foliar * cepa   |                                                    | NS                                                           |           |                      |                 |
| C.V.                               | (a) = 10.04%                                       | 1/ Epoca de aplicación (1) antes de la floración             |           |                      |                 |
| C.V.                               | (b) = 16.13%                                       | (2) período del llenado de grano                             |           |                      |                 |
| C.V.                               | (c) = 12.38%                                       | 2/ Medias de niveles dentro de cepas.                        |           |                      |                 |
|                                    |                                                    | 3/ NS = No significativo.                                    |           |                      |                 |

## CUADRO 4

Efecto de la inoculación con *Rhizobium phaseoli* y niveles de fertilización nitrogenada aplicado al suelo sobre el rendimiento de grano de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.). Experimento 2

| Tratamiento    | Rendimiento<br>(kg/ha) |
|----------------|------------------------|
| Cp-10          | 1620.80b               |
| Cp-28          | 1660.54b               |
| Cp-31          | 1522.89b               |
| Cp-M           | 1511.40b               |
| 0 kg de N/ha   | 1513.90b               |
| 30 kg de N/ha  | 1690.96b               |
| 60 kg de N/ha  | 1935.35a               |
| 90 kg de N/ha  | 1655.31b               |
| 120 kg de N/ha | 1553.31b               |

Valores de DSH al 5 %

|             |        |
|-------------|--------|
| Tratamiento | 243.05 |
|-------------|--------|

C. V. = 13.64%

Las medias con la misma letra son iguales al 5% de probabilidad.

observar el mayor efecto de la fertilización nitrogenada foliar que al suelo, y dentro de la fertilización foliar, de la segunda época sobre la primera. De esto se concluye que la aplicación foliar de nitrógeno es más eficiente que la del suelo, ya que a un nivel menor aplicado, se obtiene mayor rendimiento que cuando se aplica al suelo, y que es la mejor época de fertilización foliar durante el estado temprano del llenado del grano. En cuanto al efecto de la fertilización foliar de nitrógeno sobre los rendimientos de frijol, cabe señalar que Escamilla (1977) observó incrementos de rendimiento por efecto del nitrógeno; mientras que Hernández (1978) no encontró diferencia significativa.

Por otra parte García (1976), observó en el cultivo de soya, incrementos de rendimiento con aplicaciones foliares de nitrógeno en el período del llenado de grano.

En relación con el efecto del factor cepas de *Rhizobium phaseoli* sobre el rendimiento de frijol, otros investigadores Cuautle (1979), Fuentes (1981) y Chavez (1977), también han encontrado que no influyó sobre el rendimiento.

Por otra parte núñez (1978), menciona que la fertilización nitrogenada y fosfatada en dosis de 80 y 60 kg/ha respectivamente, suele producir mayor rendimiento en comparación con la inoculación con *Rhizobium phaseoli*.

### 3.2 Contenido de proteína en el grano

En los cuadros 5 y 6 se presentan los valores del contenido de proteína del grano obtenidos en los experimentos 1 y 2.

En base a los análisis de varianza, se observa que existe efecto significativo (al 5% de probabilidad) sobre el contenido de proteína en el grano, de la interacción de cepas *Rhizobium phaseoli* por niveles de fertilización nitrogenada foliar (experimento 1), pero no de cepas de (*Rhizobium phaseoli*, nivel y época de fertilización nitrogenada foliar y de fertilización nitrogenada aplicada al suelo.

En el cuadro 5 se observa que la interacción se debe al mayor contenido de proteína que se obtuvo con la Cp-10 con los niveles de 15 y 30 kg de N/ha, no así para las demás cepas de *Rhizobium phaseoli*. Sin

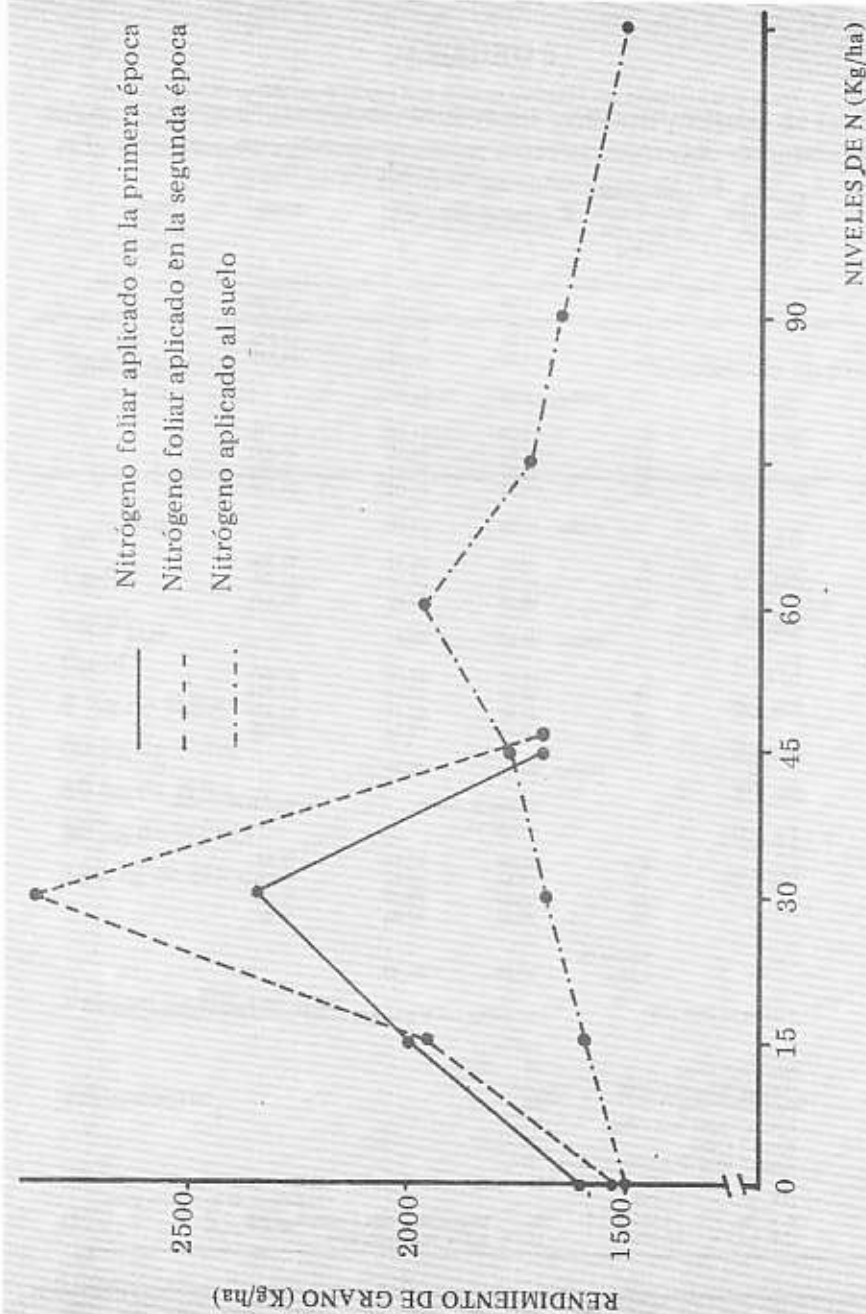


FIG. 1  
Efecto de la fertilización foliar aplicada antes de la floración y en el período de llenado de grano, y de la fertilización nitrogenada aplicada al suelo sobre el rendimiento de grano de frijol.

CUADRO 5

Efecto de la inoculación con *Rhizobium phaseoli*, nivel y época de la fertilización foliar, sobre el contenido de proteína en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L). Experimento 1

| Cepas de <i>Rhizobium phaseoli</i> | Nivel de Fertilización foliar de nitrógeno (kg/ha) | CONTENIDO DE PROTEÍNA                                        |                                                                                  |                      |                 |        |
|------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------|--------|
|                                    |                                                    | Epoca de aplicación <sup>1/</sup>                            |                                                                                  | Medias <sup>2/</sup> | Medias de Cepas |        |
|                                    |                                                    | 1                                                            | 2 (%)                                                                            |                      |                 |        |
| Cp-10                              | 0                                                  | 19.16                                                        | 24.11                                                                            | 21.63b               |                 |        |
|                                    | 15                                                 | 26.21                                                        | 25.03                                                                            | 25.63a               |                 |        |
|                                    | 30                                                 | 27.08                                                        | 24.06                                                                            | 25.67a               |                 |        |
|                                    | 45                                                 | 18.86                                                        | 23.02                                                                            | 20.59b               |                 |        |
|                                    | Medias                                             | 22.75                                                        | 24.06                                                                            |                      |                 | 23.41  |
| Cp-28                              | 0                                                  | 22.04                                                        | 21.55                                                                            | 21.79b               |                 |        |
|                                    | 15                                                 | 22.03                                                        | 22.16                                                                            | 22.09b               |                 |        |
|                                    | 30                                                 | 21.81                                                        | 22.72                                                                            | 22.27b               |                 |        |
|                                    | 45                                                 | 23.43                                                        | 25.05                                                                            | 24.25b               |                 |        |
|                                    | Medias                                             | 22.33                                                        | 22.88                                                                            |                      |                 | 22.60  |
| Cp-31                              | 0                                                  | 19.71                                                        | 22.77                                                                            | 21.24b               |                 |        |
|                                    | 15                                                 | 23.50                                                        | 25.15                                                                            | 24.32b               |                 |        |
|                                    | 45                                                 | 25.38                                                        | 23.89                                                                            | 24.64b               |                 |        |
|                                    | Medias                                             | 22.40                                                        | 23.37                                                                            |                      |                 | 22.88  |
|                                    | Cp-0                                               | 0                                                            | 24.35                                                                            | 25.35                |                 | 24.85b |
| 15                                 |                                                    | 23.62                                                        | 23.14                                                                            | 23.81b               |                 |        |
| 30                                 |                                                    | 21.52                                                        | 22.42                                                                            | 21.97b               |                 |        |
| 45                                 |                                                    | 23.55                                                        | 22.22                                                                            | 24.64b               |                 |        |
| Medias                             |                                                    | 23.26                                                        | 23.28                                                                            |                      | 23.27           |        |
|                                    |                                                    | Medias de niveles por época                                  |                                                                                  | Medias de niveles    |                 |        |
|                                    | 0                                                  | 21.00                                                        | 22.86                                                                            | 21.52                |                 |        |
|                                    | 15                                                 | 23.84                                                        | 23.87                                                                            | 23.86                |                 |        |
|                                    | 30                                                 | 22.35                                                        | 22.72                                                                            | 22.23                |                 |        |
|                                    | 45                                                 | 22.41                                                        | 23.55                                                                            | 22.23                |                 |        |
|                                    | Medias de época                                    | 22.69                                                        | 23.40                                                                            |                      |                 |        |
| Valores de DSH al 5%               |                                                    | Las medias con la misma letra son iguales al 5% probabilidad |                                                                                  |                      |                 |        |
| Cepas                              |                                                    | NS <sup>3/</sup>                                             |                                                                                  |                      |                 |        |
| Nivel de N foliar                  |                                                    | NS                                                           |                                                                                  |                      |                 |        |
| Nivel de N foliar * cepas          |                                                    | 4.03                                                         |                                                                                  |                      |                 |        |
| Epocas                             |                                                    | NS                                                           |                                                                                  |                      |                 |        |
| Epocas * nivel de N foliar         |                                                    | NS                                                           |                                                                                  |                      |                 |        |
| Epoca * Cepas                      |                                                    | NS                                                           |                                                                                  |                      |                 |        |
| Epoca * nivel de N foliar * cepas  |                                                    | NS                                                           |                                                                                  |                      |                 |        |
| C.V. (a) = 15.65%                  |                                                    | 1/                                                           | Epoca de aplicación (1) antes de la floración<br>(2) período de llenado de grano |                      |                 |        |
| C.V. (b) = 14.41%                  |                                                    | 2/                                                           | Medias de niveles dentro de cepas                                                |                      |                 |        |
| C.V. (c) = 12.09%                  |                                                    | 3/                                                           | MS = No significativo                                                            |                      |                 |        |

## CUADRO 6

Efecto de la inoculación con *Rhizobium phaseoli* y niveles de fertilización nitrogenada aplicado al suelo, sobre el contenido de proteína en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L).  
Experimento 2

| Tratamiento    | Contenido de proteína (%) |
|----------------|---------------------------|
| Cp-10          | 22.13                     |
| Cp-28          | 22.05                     |
| Cp-31          | 23.32                     |
| Cp-M           | 22.47                     |
| 0 Kg de N/ha   | 22.63                     |
| 30 kg de N/ha  | 22.04                     |
| 60 kg de N/ha  | 22.05                     |
| 90 kg de N/ha  | 23.11                     |
| 120 kg de N/ha | 23.87                     |

Valores de DSH al 5%:

Tratamiento

NS = No significativo

C. V. = 21.91%

embargo, de acuerdo a la variación que se observa para los niveles de nitrógeno del contenido de proteína con las cepas, este resultado parece ser contradictorio y difícil de interpretar

### 3.3 Rendimiento de proteína

En los cuadros 7 y 8 se muestran los valores de rendimiento de proteína obtenidos en los experimentos 1 y 2.

En base a los análisis de varianza, se observa que hubo efecto significativo ( al 5% de probabilidad) de los niveles y época de fertilización nitrogenada foliar, pero no de cepas de *Rhizobium phaseoli* y de nitrógeno aplicado al suelo.

De acuerdo con el cuadro 7, el efecto significativo de niveles y épocas de fertilización nitrogenada foliar se debe al mayor rendimiento de proteína para los niveles de 15 y 45 kg de N/ha, y para la época 2 (período del llenado del grano) sobre la época 2 (antes de la floración), debido al mayor rendimiento para el tratamiento de 30 kg de N/ha en la época 2.

En cuanto al efecto de la fertilización foliar nitrogenada aplicado al suelo sobre el rendimiento de proteína, no se observa significancia, ya que todos los niveles dieron un rendimiento similar para esta característica (cuadro 8).

De lo anterior se desprende que el efecto de nivel y época de fertilización nitrogenada foliar sobre el rendimiento de proteína, fue similar para el rendimiento de grano; en cuanto al efecto de nitrógeno aplicado al suelo fue diferente. Estos efectos pueden observarse más claramente en la figura 2.

### 3.4. Peso seco de grano proveniente de 30 vainas

En los cuadros 9 y 10 se muestran los valores obtenidos para el peso seco de 30 vainas en los experimentos 1 y 2.

En base a los análisis de varianza, se observa que no existe significativo ( al 5 % de probabilidad) de ninguno de los factores estudiados sobre esta característica, de lo que se concluye que el incremento de rendimiento debido a los niveles, a la época de fertilización foliar

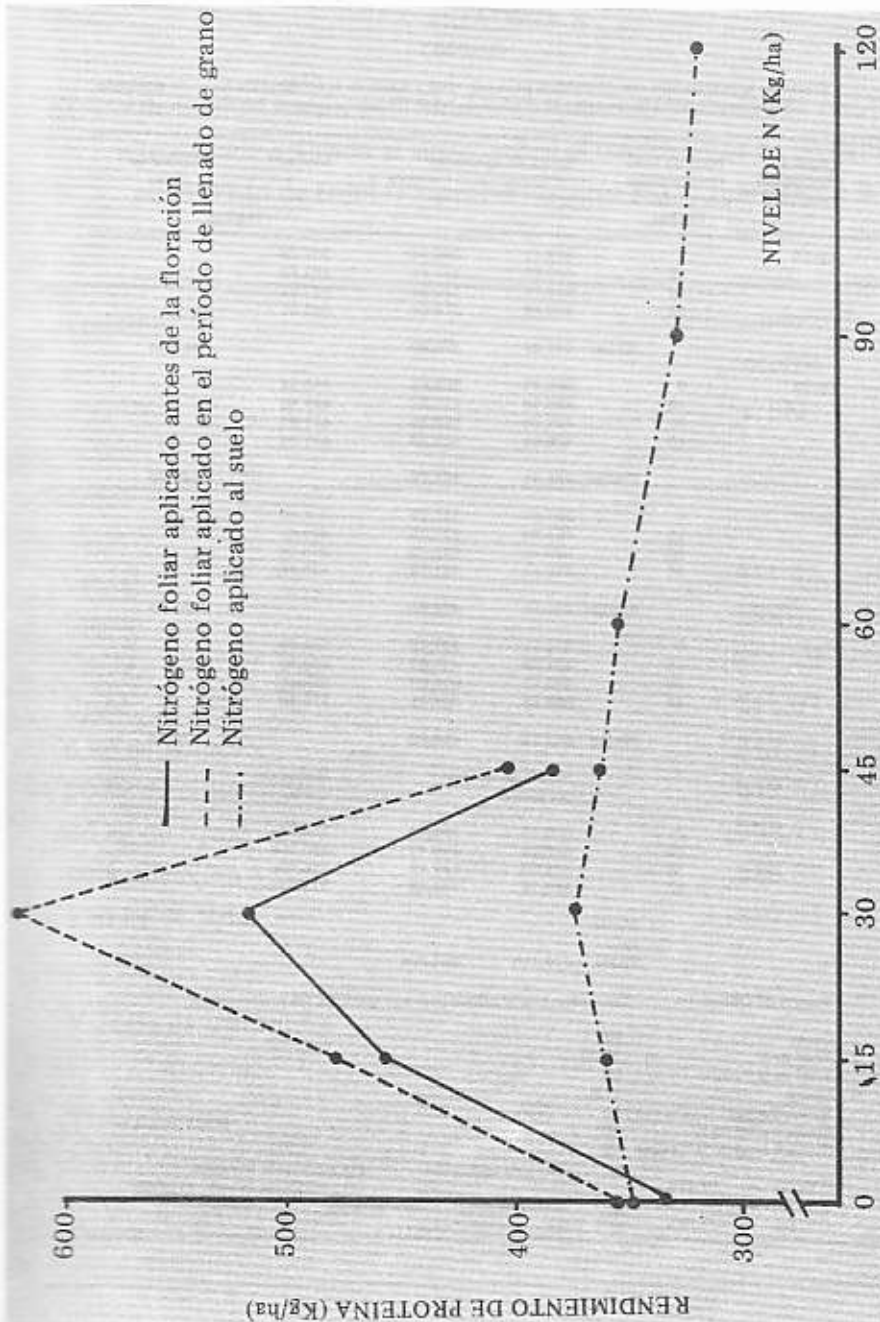


FIG. 2  
Efecto de la fertilización foliar aplicada antes de la floración y en el período de llenado de grano, y de la fertilización nitrogenada aplicada al suelo sobre el rendimiento de proteína de grano de fijo.

CUADRO 7

Efecto de la inoculación con *Rhizobium phaseoli*, nivel y época de la fertilización foliar de nitrógeno sobre el rendimiento de proteína en el grano de frijol. (*Phaseolus vulgaris* L.). Experimento 1.

| Cepas de <i>Rhizobium phaseoli</i> | Nivel de fertilización foliar de nitrógeno (kg/ha)            | Epoca de aplicación <sup>1/</sup> |         | Medias <sup>2/</sup><br>(kg/ha) | Medias de cepas |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|---------------------------------|-----------------|
|                                    |                                                               | 1                                 | 2       |                                 |                 |
| Cp-10                              | 0                                                             | 338.11                            | 285.44  | 362.28                          |                 |
|                                    | 15                                                            | 507.87                            | 477.91  | 492.89                          |                 |
|                                    | 30                                                            | 639.71                            | 379.24  | 645.24                          |                 |
|                                    | 45                                                            | 312.43                            | 379.24  | 345.84                          |                 |
|                                    | Medias                                                        | 447.03                            | 476.09  |                                 |                 |
| Cp-28                              | 0                                                             | 360.20                            | 353.68  | 356.94                          |                 |
|                                    | 15                                                            | 426.78                            | 428.82  | 427.80                          |                 |
|                                    | 30                                                            | 422.60                            | 453.28  | 437.94                          |                 |
|                                    | 45                                                            | 422.60                            | 453.28  | 437.94                          |                 |
|                                    | Medias                                                        | 431.31                            | 465.75  |                                 |                 |
| Cp-31                              | 0                                                             | 287.89                            | 341.79  | 314.68                          |                 |
|                                    | 15                                                            | 461.38                            | 520.25  | 490.81                          |                 |
|                                    | 30                                                            | 503.10                            | 628.42  | 565.76                          |                 |
|                                    | 45                                                            | 449.04                            | 421.79  | 435.41                          |                 |
|                                    | Medias                                                        | 425.12                            | 478.04  |                                 |                 |
| Cp-M                               | 0                                                             | 371.11                            | 397.45  | 384.45                          |                 |
|                                    | 15                                                            | 434.89                            | 446.63  | 440.76                          |                 |
|                                    | 30                                                            | 485.61                            | 615.60  | 550.61                          |                 |
|                                    | 45                                                            | 396.88                            | 361.61  | 379.20                          |                 |
|                                    | Medias                                                        | 422.12                            | 455.38  |                                 |                 |
|                                    |                                                               | Medias de niveles por época       |         | Medias de niveles               |                 |
|                                    | 0                                                             | 335.49                            | 352.92  | 343.07c                         |                 |
|                                    | 15                                                            | 458.09                            | 458.42  | 463.35b                         |                 |
|                                    | 30                                                            | 522.68                            | 632.12  | 596.45a                         |                 |
|                                    | 45                                                            | 385.76                            | 402.12  | 379.57c                         |                 |
|                                    | Medias de época                                               | 425.11b                           | 463.30a |                                 |                 |
| Valores de DSH al 5%:              | Las medias con la misma letra son iguales al 5% probabilidad. |                                   |         |                                 |                 |
| Cepas                              | NS <sup>3/</sup>                                              |                                   |         |                                 |                 |
| Nivel de N                         | 77.30                                                         |                                   |         |                                 |                 |
| Nivel de N * cepas                 | NS                                                            |                                   |         |                                 |                 |
| Epoca                              | 27.8                                                          |                                   |         |                                 |                 |
| Epoca * cepas                      | NS                                                            |                                   |         |                                 |                 |
| Epoca * nivel de N                 | NS                                                            |                                   |         |                                 |                 |
| Epoca * nivel de N * cepas         | NS                                                            |                                   |         |                                 |                 |
| C.V. (a) = 19.17%                  | 1/                                                            | Epoca de aplicación               |         | (1) antes de la floración       |                 |
| C.V. (b) = 20.21%                  | 2/                                                            | Medias de niveles dentro de cepas |         | (2) período de llenado de grano |                 |
| C.V. (c) = 17.26%                  | 3/                                                            | NS = No significativo             |         |                                 |                 |

## CUADRO 8

Efecto de la inoculación con *Rhizobium phaseoli* y niveles de fertilización nitrogenada aplicado al suelo, sobre el rendimiento de proteína en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.). Experimento 2.

| Tratamiento    | Rendimiento de<br>proteína<br>(kg/ha) |
|----------------|---------------------------------------|
| Cp-10          | 311.65                                |
| Cp-28          | 388.65                                |
| Cp-31          | 351.62                                |
| Cp-M           | 343.87                                |
| 0 kg de N/ha   | 342.51                                |
| 30 kg de N/ha  | 372.27                                |
| 60 kg de N/ha  | 358.77                                |
| 90 kg de N/ha  | 336.32                                |
| 120 kg de N/ha | 327.84                                |

Valores de DSH al 5%

Tratamientos

NS = No significativo.

C. V. = 21.91%

y a la fertilización nitrogenada aplicada al suelo, se asocia con el aumento del número de vainas y de grano por superficie, pero no con el peso del grano.

#### IV. CONCLUSIONES

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

1. Respecto a las cepas de *Rhizobium phaseoli*, no se observaron diferencias entre ellas en cuanto a:
  - a. Número de nódulos, peso seco de nódulos, número de nódulos efectivos y no efectivos, peso seco del follaje (parte aérea) y raíces, contenido de nitrógeno en el follaje (parte aérea) y raíces, medidos en dos estados de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): en el estado vegetativo a los 30 días después de la siembra, y al inicio de la floración a los 70 días después de la siembra.
  - b. Rendimiento de grano, contenido de nitrógeno (% de proteína), rendimiento de proteína y peso seco de grano proveniente de 30 vainas medidos a la cosecha.
2. En relación con la fertilización foliar, en cuanto a cantidad y época de aplicación, no afectó el número de nódulos, peso seco de nódulos, número de nódulos efectivos y no efectivos, peso seco del follaje (parte aérea) y raíces, contenido de nitrógeno en el follaje (parte aérea) y raíces de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en los estados vegetativo, a los 30 días después de la siembra, y al inicio de la floración (a los 70 días de la siembra).
3. En cuanto a las características medidas a la cosecha, el rendimiento de grano y de proteína fueron afectados por los niveles y época de fertilización, mientras que el contenido de nitrógeno (% de proteína) en el grano y el peso seco de grano proveniente de 30 vainas, no fueron afectados por estos factores.

CUADRO 9

Efecto de la inoculación con *Rhizobium phaseoli*, nivel y época de la fertilización foliar de nitrógeno, sobre el peso seco de grano proveniente de 30 vainas de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) Experimento 1.

| Cepas de <i>Rhizobium phaseoli</i> | Nivel de fertilización foliar de nitrógeno (kg/ha) | Epoca de aplicación <sup>1/</sup> |                  | Medias <sup>2/</sup> | Medias de cepas |
|------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------------|-----------------|
|                                    |                                                    | (gramos)                          |                  |                      |                 |
| Cp-10                              | 0                                                  | 33.32                             | 32.07            | 32.26                |                 |
|                                    | 15                                                 | 32.50                             | 32.62            | 32.56                |                 |
|                                    | 30                                                 | 33.07                             | 34.07            | 33.88                |                 |
|                                    | 45                                                 | 34.15                             | 33.35            | 34.75                |                 |
|                                    | Medias                                             | 33.67                             | 33.68            |                      | 33.47           |
| Cp-28                              | 0                                                  | 31.72                             | 33.57            | 32.65                |                 |
|                                    | 15                                                 | 30.75                             | 34.75            | 32.47                |                 |
|                                    | 30                                                 | 32.42                             | 31.10            | 31.76                |                 |
|                                    | 45                                                 | 33.57                             | 33.50            | 33.43                |                 |
|                                    | Medias                                             | 31.90                             | 34.05            |                      | 32.97           |
| Cp-M                               | 0                                                  | 36.15                             | 29.85            | 33.00                |                 |
|                                    | 15                                                 | 34.20                             | 33.10            | 33.65                |                 |
|                                    | 30                                                 | 32.10                             | 32.32            | 32.21                |                 |
|                                    | 45                                                 | 34.94                             | 32.00            | 33.48                |                 |
|                                    | Medias                                             | 34.35                             | 31.81            |                      | 33.08           |
|                                    |                                                    | Medias de niveles por época       |                  | Medias de niveles    |                 |
|                                    | 0                                                  | 33.92                             | 32.68            | 33.30                |                 |
|                                    | 15                                                 | 31.73                             | 33.68            | 32.70                |                 |
|                                    | 30                                                 | 31.95                             | 32.70            | 33.83                |                 |
|                                    | 45                                                 | 33.50                             | 34.39            | 33.95                |                 |
|                                    | Medias de época                                    | 32.78                             | 33.36            |                      |                 |
| Valores de DSH al 5%               |                                                    |                                   |                  |                      |                 |
| Cepas                              |                                                    |                                   | NS <sup>3/</sup> |                      |                 |
| Nivel de N foliar                  |                                                    |                                   | NS               |                      |                 |
| Nivel de N foliar * cepas          |                                                    |                                   | NS               |                      |                 |
| Epoca * cepas                      |                                                    |                                   | NS               |                      |                 |
| Epoca * nivel de N                 |                                                    |                                   | NS               |                      |                 |
| Epoca * nivel de N * cepa          |                                                    |                                   | NS               |                      |                 |
| C.V. (a) =                         | 7.81%                                              |                                   |                  |                      |                 |
| C.V. (b) =                         | 9.09%                                              |                                   |                  |                      |                 |
| C.V. (c) =                         | 11.23%                                             |                                   |                  |                      |                 |

- 1/ época de aplicación: (1) antes de la floración  
(2) período de llenado de grano
- 2/ Medias de niveles dentro de cepas
- 3/ NS = No significativa

## CUADRO 10

Efecto de la inoculación con *Rhizobium phaseoli* y niveles de fertilización nitrogenada aplicado al suelo, sobre el peso de grano proveniente de 30 vainas de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) Experimento 1.

| Tratamiento    | Peso de grano<br>proveniente de<br>30 vainas |
|----------------|----------------------------------------------|
| Cp-10          | 31.32                                        |
| Cp-28          | 30.42                                        |
| Cp-31          | 32.42                                        |
| Cp-M           | 30.55                                        |
| 0 kg de N/ha   | 30.82                                        |
| 30 kg de N/ha  | 31.20                                        |
| 90 kg de N/ha  | 31.01                                        |
| 120 kg de N/ha | 30.42                                        |

Valores de DSH al 5%

Tratamiento

NS = No significativo.

C. V. = 9.66%

4. Con respecto a la forma de satisfacer las necesidades de nitrógeno de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se observó, en base al rendimiento del grano, que la fertilización foliar fue más eficiente que la inoculación con *Rhizobium phaseoli* y que la fertilización nitrogenada al suelo.

## V. BIBLIOGRAFIA

1. BRASSANI, R. 1965. Maíz, frijol y arroz su valor nutritivo y formas de mejorarlos. XI. Reunión anual del programa cooperativo Centroamericano para el mejoramiento del cultivo alimenticio. Panamá, 1-7.
2. BRESSANI, R. 1967. Efecto de la fertilización sobre el contenido de proteína y valor nutritivo del frijol. XII. Reunión anual del programa cooperativo Centroamericano para el mejoramiento de cultivos alimenticios. Costa Rica. 42-43.
3. BRILL, J. W. 1977. Biological nitrogen fixation. Scientific American. 236:68-81.
4. BROCK, T. D. 1978. Biología de los microorganismos. Trad. Ricardo Guerrero del inglés a español. 441-445.
5. BOOTE, K.J. et al. 1978. Effect of foliar fertilization on photosynthesis, leaf nutrition, and yield of soybeans. Agron. Journal. 70:787-791.
6. BOYNTON, D. 1954. Nutrition by foliar application. Ann. Rev. Plant physiol. 5:31-54.
7. BURTON, J. C., ALLEN, O.N. y BERGER, B.C. 1952. The prevalence of strains of *Rhizobium phaseoli* in some midwestern soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 18:156-159.
8. BURTON, J. C., ALLEN, O.N. y BERGER, B.C. 1954. Response of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to inoculation with mixtures of effective and ineffective rhizobia. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 18:156-159.

9. CHAVEZ, S. A., NUÑEZ, E. R. y ECHEGARAY, A. A. 1977. Efecto de la fertilización con N, P, Mo, Co, Fe y el manejo de dos cepas de inoculantes (*Rhizobium phaseoli*), sobre la nodulación, acumulación de N y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Maestro en Ciencias, C. P. Chapingo, México.
10. CUAUTLE, F. E. 1979. Efecto de la fertilización, fumigación del suelo e inoculación con *Rhizobium*, sobre la nodulación contenido de nitrógeno y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Chapingo, México. Tesis de Maestría en Ciencias, C.P. Chapingo, México.
11. DE MOOY, J. C. et al. 1973. Mineral nutrition in soybeans improvent, production and uses. Am Soc. Agron, 16:264-352.
12. FRANK, W. 1967. Mechanisms of foliar penetration of solutions. Ann Rev. of plant physiol. 17:281-300.
13. FUENTES, M. T. 1981. Respuesta a la inoculación y los componentes del rendimiento en tres genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Maestro en Ciencias. C. P. Chapingo, México.
14. GARCIA, R. L. and HANWAY, J. J. 1976. Foliar fertilization of soybeans during the seed-filling period. Agron. Journal. 68: 653-657.
15. GRAHAM, J. P. 1979. Variación entre cultivares de *Phaseolus vulgaris*, en la fijación simbiótica de nitrógeno y estrategias para el desarrollo de variedades mejoradas con amplia fijación. Resúmenes analíticos sobre el frijol. Cali, Colombia 2:213-214.
16. GRAY, R. C. 1977. Results of foliar fertilizer application studies. Bulletin National Fertilizer Development Center Y-115 54-58.
17. GREENWOOD, D. J. BARNES, A. y CLEAVER, T. J. 1978. Measurement and prediction of the changes in protein contents of field crops during growth. Journal Agri. Sci. 91:467-477.
18. KOONTZ, H. and BIDDULPH, O. 1964. Factors affecting absorp-

tion and translocation of foliar applied phosphorus. *Plant physiol.* 32:463-470.

19. NÚÑEZ, R. E. and VALDEZ, M. 1978. Bean inoculation in Valley of México under unirrigated conditions. *Basic Life Science.* 10:335-336.
20. MEDERSKI, H. J. and HOFF, D. J. 1958. Factors affecting absorption of foliar-applied manganese by soybean plant. *Agron. Journal.* 50:175-178.
21. PARKER, M. B. and BOSWEL, F. C. 1980. Foliage injury, nutrient intake, and yield of soybeans as influenced by foliar fertilization. *Agron. Journal.* 72:110-113.
22. RUSCHEL, P. A. et. al. 1966 Fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). II influência do magnésio, do boro, do molibdeno e da calagem. *Pesq. AGrop. Brass. Serie Agron.* 9:141-145.
23. SINCLAIR, T. R. and DE WIT, C. T. 1975. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. *Science* 189:565-567.
24. SWANSON, C. A. and WHITNEY, J. B. 1953. Studies on the translocation of foliar-applied  $p^{32}$  and other radioisotopes in bean plants. *Am. Joof Botany.* 40:816:823.
25. VINCENT, J. M. 1967. Symbiotic specificity. *Austral Journal Science.* 29:192-197.
26. WITTEWER, S. H. and LUNDHALL, W. S. 1952. Autoradiography as an aid in determining the gross absorption and utilization of foliar applied nutrients. *Plant physiol.* 27:692-797.

