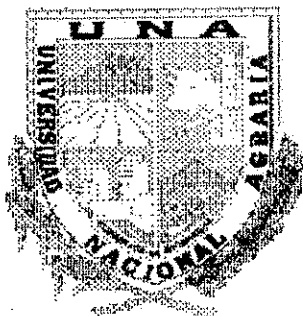


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



TRABAJO DE DIPLOMA

EVALUACION DE UNA MEZCLA DE CEPAS DE *Rhizobium* BAJO DIFERENTES
NIVELES DE FERTILIZACION EN TRES VARIEDADES DE FRIJOL ROJO
(*Phaseolus vulgaris* L.) EN NICARAGUA

AUTORES

Br. EVERTH OLIVER AVILES GARCIA
Br. JULIO CESAR CENTENO OROZCO

ASESORES

Dr. agr. DENNIS SALAZAR C.
Ing. Agr. JOSE A. GONZALEZ S.

PRESENTADO A LA CONSIDERACION DEL HONORABLE TRIBUNAL
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
PROFESIONAL DE INGENIERO AGRONOMO

MANAGUA, NICARAGUA

SEPTIEMBRE, 1999

DEDICATORIA

A Dios nuestro señor **Jesucristo** quien sin su aprobación no llegaría hasta el fin y por su fiel amor y voluntad de prosperidad hacia mí.

A mis padres:

**Ruth del Rosario Garcia Romero y
Everth Antonio Avilés Ramírez**

Quienes formaron en mí la persona que ahora soy, así como su valiosa contribución la cual me permitió culminar mis estudios.

A mis abuelos:

**Juana Romero
Angela Ramirez
Enrique Garcia y
Adolfo Avilés**

Quienes en alguna medida aportaron en mí, los valores y principios.

A mi Nicaragua y a toda la sociedad que ella encierra a la cual en que de una u otra forma contribuyeron en mi formación

Everth Oliver Avilés Garcia.

A Dios por que hace posible mi existencia, por iluminar mi camino, y por estar conmigo en todo momento.

A mi familia que me brindó su apoyo para llegar a obtener el grado profesional de Ingeniero Agrónomo.

A mis padres:

**Mercedes Teresa Orozco Castro y
Magdaleno Centeno Delgado**

Quienes me apoyaron incondicionalmente con sus valiosos consejo, por la ayuda económica que me brindaron y por la confianza que tuvieron en mí.

A mis hermanos: **Gerardo, Magdalena, Luisa, Marcia, Yadira, Carlos** y muy en especial a **Francisco Centeno Orozco** por su apoyo incondicional en mis quehaceres universitarios

Julio César Centeno Orozco.

AGRADECIMIENTO

A Dios quien con su poder Divino ha hecho posible la culminación de nuestra carrera y nos llena de fuerzas día a día para seguir adelante.

Nuestros más sinceros agradecimiento a los asesores: **Dr. agr. Dennis Salazar C.** y al **Ing. Agr. Adolfo González S.**, por su buena disposición, su valiosa ayuda, sugerencias y recomendaciones durante la realización de este trabajo.

Al **Ing. Agr. Carlos Ruiz** por habernos brindado esta oportunidad de culminar nuestros estudios con este **Trabajo de Diploma**.

A la **Lic. Ana María Coronado Quant** y a la compañera **Josefa del Carmen Vargas** por su ayuda durante el trabajo de campo.

Al **CENIDA** en especial a **Katty, Graciela, Francis, Olga y Mireya** por facilitarnos la literatura consultada.

A la **Escuela de Producción Vegetal EPV** en especial a **Carolina Padilla** por facilitarnos la literatura para la búsqueda de información.

A los trabajadores de la **Estación Experimental La Compañía** en Masatepe, por su colaboración en las labores de campo.

Everth Oliver Avilés García.

Julio César Centeno Orozco.

Por que **Jehová** da la sabiduría y de su boca proceden el conocimiento y la inteligencia.

Proverbios 2:6

INDICE

| Sección | Página |
|--|---------------|
| I INTRODUCCION | 1 |
| II MATERIALES Y METODOS | 4 |
| 2.1 Descripción del lugar y el experimento | 4 |
| 2.1.1 Ubicación del experimento | 4 |
| 2.1.2 Condiciones edafoclimáticas | 4 |
| 2.1.3 Diseño experimental | 5 |
| 2.1.3.1 Experimento en bolsas de polietileno | 5 |
| 2.1.3.2 Experimento en campo | 5 |
| 2.1.4 Area experimental | 6 |
| 2.1.5 Variables evaluadas | 7 |
| 2.1.6 Análisis estadísticos | 9 |
| 2.2 Manejo agronómico | 9 |
| III RESULTADOS Y DISCUSION | 10 |
| 3.1 Evaluación del crecimiento de tres cultivares de frijol, utilizando la técnica de inoculación y diferentes niveles de fertilización | 10 |
| 3.1.1 Altura de planta | 10 |
| 3.1.2 Diámetro del tallo | 11 |
| 3.1.3 Peso seco de planta | 12 |
| 3.2 Evaluación de la nodulación | 14 |
| 3.2.1 Nódulos por planta | 15 |
| 3.2.2 Posición de nódulos en la raíz | 16 |
| 3.3 Evaluación del rendimiento y sus componentes | 18 |
| 3.3.1 Población | 18 |
| 3.3.2 Vainas por planta | 20 |
| 3.3.3 Granos por vaina | 21 |
| 3.3.4 Peso de mil granos | 22 |

| | |
|-------------------------------|----|
| 3.3.5 Rendimiento | 23 |
| 3.3.6 Peso seco de paja | 25 |
| IV CONCLUSIONES | 28 |
| V RECOMENDACIONES | 29 |
| VI REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 30 |

INDICE DE TABLAS

| Tabla | Página |
|--|--------|
| 1. Temperatura y precipitación promedio mensual ocurridas durante el período 98 en La Compañía, Masatepe | 4 |
| 2. Propiedades químicas del suelo en La Compañía, Masatepe 1998 | 5 |
| 3. Variables evaluadas en el frijol. La Compañía, Masatepe 1998 | 7 |
| 4. Altura y diámetro del tallo de frijol en los estados fenológicos V ₄ y R ₆ . La Compañía, Masatepe 1998 | 12 |
| 5. Peso seco de planta de frijol en los estados fenológicos V ₄ , R ₆ y R ₈ . La Compañía, Masatepe 1998 | 14 |
| 6. Número de nódulos totales y en las raíces laterales en frijol en los estados fenológicos V ₄ y R ₆ . La Compañía, Masatepe 1998 | 18 |
| 7. Rendimiento individual por planta de frijol y sus componentes del experimento en bolsas en el estado fenológico R ₈ . La Compañía, Masatepe 1998 | 25 |
| 8. Rendimiento de frijol y sus componentes en el experimento en campo en el estado fenológico R ₈ . La Compañía, Masatepe 1998 | 27 |

RESUMEN

El ensayo se realizó en la Estación Experimental La Compañía, Masatepe, en la época de postrema (octubre-diciembre) de 1998. Los objetivos fueron: Determinar el crecimiento y rendimiento de tres cultivares de frijol, utilizando la técnica de inoculación en bolsas de polietileno y evaluar el rendimiento de tres cultivares de frijol, utilizando la técnica de inoculación y diferentes niveles de fertilización en condiciones de campo. Se montaron dos ensayos, uno en bolsas de polietileno con diseño en parcelas divididas en BCA con 40 observaciones y el ensayo en campo con diseño en parcelas subdivididas con cuatro réplicas. Los factores evaluados fueron; A: variedades (a_1 : Door-364, a_2 : Compañía y a_3 : Criolla), B: inoculante con cepa de *Rhizobium* (b_1 : Semilla Inoculada y b_2 : Semilla Sin Inocular) y C: niveles de fertilizantes (c_1 : 127 kg/ha de completo (12-24-12) a la siembra, c_2 : 127 kg/ha de completo (12-24-12) a la siembra más 63.5 kg/ha de urea a los 25 días después de la siembra y c_3 : 127 kg/ha de completo (12-24-12) a la siembra más 127 kg/ha de urea a los 25 días después de la siembra), este último factor no se evaluó en el ensayo en bolsas. En el experimento en bolsas la variedad Door-364 obtuvo el mayor peso seco y la variedad Criolla el mayor rendimiento entre los demás cultivares. En el factor inoculante con cepa de *Rhizobium* las plantas no inoculadas superaron en altura, peso seco de plantas y rendimientos a las plantas inoculadas. En el experimento en campo la variedad Door-364 superó en número de vainas por planta, granos por vaina, peso seco de paja y rendimiento en campo a las demás variedades, los cultivares Compañía y Criolla presentaron mayor peso en mil granos y población por hectárea respectivamente. Las plantas inoculadas superaron a las plantas no inoculadas en todas las variables con excepción del peso seco de paja. El nivel de fertilizantes 127 kg/ha de la fórmula completa (12-24-12) a la siembra más 127 kg/ha de urea a los 25 días después de la siembra obtuvo más vainas por planta, peso de mil granos, rendimientos y peso seco de paja. La dosis de 127 kg/ha de la fórmula completa (12-24-12) a la siembra más 63.5 kg/ha de urea a los 25 días después de la siembra presentó el mayor número de plantas por hectárea y granos por vaina, en esta última variable la dosis de 127 kg/ha de la fórmula completa (12-24-12) a la siembra obtuvo el mismo resultado

I INTRODUCCION

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es el segundo cultivo en importancia para alimento básico en Nicaragua. Su área de siembra (140,845 ha) es superada solamente por el maíz (*Zea mays* L.) con 264,084 ha (BCN, 1997) y es el primero en cuanto a su contenido de proteínas (22.7 %) e igualmente rico en hierro, vitaminas, y aminoácidos (Somarriba, 1997).

Según Somarriba (1997), en nuestro país el 95 por ciento de este cultivo es producido por pequeños y medianos productores, frecuentemente ubicados en áreas marginales, lo que conlleva a problemas como bajo rendimiento, altos costos de producción y el deterioro de la tierra en perjuicio de la disminución de la materia orgánica del suelo y de los nutrientes, principalmente del nitrógeno. Además, el suministro de nitrógeno requerido en la agricultura mediante fertilizantes comerciales, ha sido afectado por la crisis mundial, dado que el déficit de gas natural interfiere con la producción de amonio (Wittwer, 1990; Salmerón & García, 1994). Por otra parte, los sistemas intensivos de producción agrícola que requieren de fertilizante nitrogenado, pueden constituirse en dependientes de esos recursos y conducir al derroche de energía (Ayala, 1977).

El frijol pertenece a la familia de las leguminosas. Estas plantas pueden obtener la mayor parte del nitrógeno que necesitan del aire de la atmósfera (FAO, 1985; Winston, 1990), a través de la simbiosis con bacterias *Rhizobium* que obtienen sustrato energético a cambio del nitrógeno orgánico reducido por este último (Salmerón & García, 1994).

Estas bacterias son gram negativas y tienen forma de bastoncitos, tienen vida libre en el suelo en formas saprófitas, su temperatura óptima es entre 25° a 30°C, soportan condiciones extremas entre 3° y 33°C. Estas características pueden variar, según la cepa y el tipo de planta huésped (Vincent, 1975; Muslera & Ratera, 1984).

Los rizobios (*Rhizobium leguminosarum* Biovar *phaseoli*) son bacterias del suelo que se caracterizan por su específica habilidad para infectar los pelos radiculares de las leguminosas, e inducir a la formación de nódulos efectivos fijadores de nitrógeno en las raíces. Los rizobios

se encuentran comúnmente en los suelos, pero a menudo fallan en producir nodulación efectiva, ya sea por escaso número o por que no pueden establecer simbiosis efectiva con una leguminosa dada (FAO, 1985). Según Hunter (1986) citado por Salmerón & García (1994), una adecuada nodulación y eficiencia de nitrógeno, logran incorporar entre 57 a 600 kg de nitrógeno por hectárea en leguminosas inoculadas y de 2 a 300 kg de nitrógeno por hectárea en leguminosas no inoculadas.

Actualmente se ha venido acrecentando el problema de los bajos rendimientos por problemas de fertilización nitrogenada, por lo que una manera de paliar esta situación son los estudios de fijación simbiótica nitrogenada, y sus efectos en los rendimientos y productividad de las leguminosas y más aún en este cultivo constituyente de la base alimenticia en muchos países subdesarrollados, con el beneficio de la reducción de costos por concepto de economía de fertilizantes nitrogenados.

Especialistas del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios y Animales (PCCMCA), afirman que más del 90 por ciento de la superficie dedicada al cultivo del frijol no se fertiliza (Bazán, 1974), y del área que si se utiliza fertilizante tienen el inconveniente de sufrir pérdidas ya sea por volatilización, lixiviación y erosión, razón por la cual la técnica de inoculación de *Rhizobium* en frijol puede, en cierta medida, dar solución a la problemática de fertilización en el cultivo, así como beneficiar al suelo al mejorar su estructura, aumentar su infiltración y disminuir la escorrentía del agua y mejorar su estatus nutricional particularmente el de nitrógeno, mediante la descomposición de residuos ricos en minerales (Ayala, 1977).

Son poco los estudios que se han hecho a nivel nacional sobre *Rhizobium* en frijol como los efectuados en soja (*Glycine max* L. Merrill), debido principalmente a que este último no posee bacterias noduladoras autóctonas en nuestros suelos como el frijol.

Dada la importancia del cultivo de frijol en Nicaragua y la necesidad de encontrar alternativas tecnológicas que nos permiten una mejor producción de este, se condujeron dos experimentos; uno en bolsas de polietileno (10*12 cm) y otro en campo, con la finalidad de:

- Determinar el crecimiento y rendimiento de tres cultivares de frijol, utilizando la técnica de inoculación en bolsas de polietileno.
- Evaluar el rendimiento de tres cultivares de frijol, utilizando la técnica de inoculación y diferentes niveles de fertilización en condiciones de campo.

II MATERIALES Y METODOS

2.1 Descripción del lugar y el experimento

2.1.1 Ubicación del experimento

El presente estudio se llevó acabo en la época de postrera (octubre 1998), en la Estación Experimental " La Compañía ", ubicada en el municipio de Masatepe, cuyas coordenadas son 11° 54' Latitud Norte y 86° 09' Longitud Oeste, a una altitud de 450 msnm.

2.1.2 Condiciones edafoclimáticas

La temperatura promedio anual es de 24°C, la precipitación media anual es de 1,535 mm y con una humedad relativa promedio de 83 por ciento. A continuación se presentan los datos de temperatura y precipitación durante el período 98 (Tabla 1).

Tabla 1. Temperatura y precipitación promedio mensual ocurridas durante el período 98 en "La Compañía", Masatepe.

| Meses | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Temp. (°C) | 23.7 | 24.3 | 25.4 | 26.3 | 26.2 | 25.0 | 24.2 | 24.5 | 23.9 | 23.5 | 23.4 | 22.9 |
| Precip. (mm) | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 105 | 111 | 160 | 149 | 448 | 974 | 62.2 | 34.6 |

Temp.=Temperatura; Precip.=Precipitación

(Fuente: INETER 1999)

El suelo es de textura franco-limoso (Typic-Durandep), desarrollado de cenizas volcánicas. Sus principales cultivos han sido maíz y frijol (Talavera, 1989). Sus propiedades (Tabla 2) lo hacen ser considerados como adecuados para la mayoría de los cultivos, sin embargo, si no son fertilizados adecuadamente los rendimientos son bajos (Cuadra, 1991). Su alto contenido de nitrógeno total (0.57 %) hacen pensar que no es necesaria la aplicación de nitrógeno a estos suelos, sin embargo, en el campo se ha demostrado que las plantas han respondido de manera positiva a las aplicaciones de nitrógeno, lo cual indica deficiencia de este elemento disponible

para las plantas. En Nicaragua se obtienen mayores rendimientos al aplicar 63.5 kilogramos por hectárea de urea al 46 % al momento de la floración (Somarriba, 1997).

Tabla 2: Propiedades químicas del suelo en "La Compañía", Masatepe 1998

| pH | M.O. % | N Total % | P Olsen | meq/100g | | | | | Saturación de Bases % |
|-----|-----------|--------------|------------|----------|----|------|------|------|--------------------------|
| | | | | K | Ca | Mg | Na | CIC | |
| 6.9 | 11.6 | 0.57 | 11 | 5.6 | 30 | 10.7 | 0.09 | 46.3 | 99 |

(Fuente: Laboratorio de Suelos, UNA)

2.1.3 Diseño experimental

2.1.3.1 Experimento en bolsas de polietileno

El diseño utilizado fue de parcelas divididas en BCA con 40 repeticiones por tratamiento, 240 bolsas en total, los factores evaluados son:

Factor A: Variedades

a₁: Door-364

a₂: Compañía

a₃: Criolla

Factor B: Inoculante con cepa de *Rhizobium*

b₁: Semilla Inoculada

b₂: Semilla Sin Inocular

2.1.3.2 Experimento en campo

Se estableció en parcelas subdivididas con cuatro réplicas. Los factores evaluados son los siguientes:

Factor A: Variedades

a₁: Door-364

a₂: Compañía

a₃: Criolla

Factor B: Inoculante Con Cepa de *Rhizobium*

b₁: Semilla Inoculada

b₂: Semilla Sin Inocular

Factor C: Niveles de Fertilizantes

c₁: 127 kg/ha de completo (12-24-12) a la siembra

c₂: 127 kg/ha de completo (12-24-12) a la siembra más 63.5 kg/ha de urea (46 %) a los 25 días después de la siembra

c₃: 127 kg/ha de completo (12-24-12) a la siembra más 127 kg/ha de urea (46 %) a los 25 días después de la siembra

2.1.4 Area experimental

Las dimensiones del experimento en campo son:

| | |
|---------------------------------------|----------------------|
| Area del experimento | 1,728 m ² |
| Area del bloque | 432 m ² |
| Area de la parcela grande (principal) | 144 m ² |
| Area de la parcela mediana | 72 m ² |
| Area de la parcela pequeña | 24 m ² |
| Area de la parcela útil | 9.6 m ² |

La parcela experimental constó de doce surcos con una distancia entre sí de 0.40 m y 5.0 m de largo, para efecto de borde en la parcela útil (seis surcos centrales) se tomó 0.5 m de los extremos de los surcos.

2.1.5 Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron en ambos experimentos fueron (Tabla 3):

Tabla 3: Variables evaluadas en el frijol. La Compañía, Masatepe 1998

| Variables | Experimento en Bolsas | | | Experimento en Campo |
|---------------------------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------------|
| | V ₄ | R ₆ | R ₃ | R ₃ |
| Altura de planta (cm)* | * | * | | |
| Diámetro del tallo (mm)* | * | * | | |
| Peso seco/planta (g)* | * | * | * | |
| Nódulos por planta* | * | * | | |
| Posición de nódulos en la raíz* | * | * | | |
| Vainas/planta* | | | * | * |
| Granos/vaina* | | | * | * |
| Rendimiento/planta (g)* | | | * | |
| Población (plantas/ha)** | | | | * |
| Peso de mil granos (g) | | | | * |
| Rendimiento (kg/ha)** | | | | * |
| Peso seco de paja (kg/ha)** | | | | * |

*: Estas variables se evaluaron en 10 plantas al azar

** : Estas variables se evaluaron en la parcela útil

Altura de planta (cm)

La altura de planta se tomó desde el nivel del suelo hasta la zona de crecimiento (tercera hoja trifoliada).

Diámetro del tallo (mm)

Esta variable se tomó con un Vernier y se midió en la base del tallo.

Peso seco por planta (g)

Se tomó una planta por muestra y se seco en un horno a 60 °C por 72 horas y luego se peso en una pesa analítica.

Nódulos por planta

Se contaron los nódulos de las raíces por cada planta.

Posición de nódulos en la raíz

Se contaron los nódulos tanto en la raíz principal como en las raíces secundarias.

Vainas por planta

Se contaron las vainas presentes en la planta, las plantas se tomaron de la parcela útil.

Granos por vaina

Se tomaron diez vainas al azar de la parcela útil para el conteo de los granos por vaina.

Rendimiento por planta (g)

El grano obtenido por planta se pesó en una pesa analítica.

Población (plantas/ha)

Se obtuvo del número de plantas cosechadas dentro de la parcela útil, y se expresó en plantas por hectárea.

Peso de mil granos (g)

De la producción obtenida de cada parcela útil se tomaron las muestras para el peso de mil granos.

Rendimiento (kg/ha)

La producción obtenida de la parcela útil fue pesada y convertida a kilogramo por hectárea.

Peso seco de paja (kg/ha)

Se secó la paja obtenida de la parcela útil en un horno a 60 °C por 72 horas, luego se pesó y se expresó en kilogramo por hectárea.

2.1.6 Análisis estadísticos

Todas las variables se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA), y a la separación de medias de rangos múltiples de Tukey al 5 por ciento de error.

2.2 Manejo agronómico

El suelo se preparó el 18 de octubre de 1998 y consistió en un pase de arado de disco y dos de grada. Este mismo suelo se utilizó como sustrato en el experimento con bolsas de polietileno, y no fue fertilizado. Este experimento se inició el 20 de octubre de 1998.

La inoculación fue realizada en el campo directamente a la semilla antes de la siembra, después de haber sido sembrada la semilla sin inocular para evitar la contaminación con la bacteria. El inoculante consiste en una mezcla de cepa de *Rhizobium* usando como transportador turba a razón de 0.5 kg de inoculante en 45 kg de semilla. Al inoculante se le agrego agua estéril lo suficiente para homogenizar la mezcla con el objetivo de favorecer la adherencia del inoculante a la semilla, posteriormente se dejó secar la semilla bajo sombra por 15 minutos para luego iniciar la siembra.

También la siembra del experimento de campo se realizó el 20 de octubre de 1998, de forma manual, las distancias entre hileras eran de 0.40 m y se depositaron 25 semillas por metro lineal. Se presentó una fuerte infestación de malezas, para la cual se hizo una aplicación de fomesafen (Flex) más fluazifop-butil (Fusilade) a razón de 1 l/ha de cada producto comercial, a los 25 días después de la siembra; una semana después se realizó una limpia manual (Azadon) a toda el área experimental. Durante este período las plantas estaban infestadas del hongo *Thanatephorus cucumeris*, causante de la enfermedad mustia hilachosa, la que se controló con tres aplicaciones de benomyl (Benlate) a razón de 1.27 kg/ha de producto comercial. La cosecha se hizo de forma manual cuando las variedades habían alcanzado su madurez fisiológica.

III RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Evaluación del crecimiento de tres cultivares de frijol, utilizando la técnica de inoculación en el experimento en bolsas de polietileno

El crecimiento es un fenómeno cuantitativo (Fernández *et al.*, 1985) y es según White (1985) un resumen de los procesos de fotosíntesis, respiración y efectos del medio ambiente que influyen en la morfología y fisiología de la planta. Cuando estos procesos son aprovechados y bien manejados permiten al cultivo expresar en grado máximo su potencial genético, aunque no todos los cultivares responden igual bajo las mismas condiciones.

3.1.1 Altura de planta

Según Davis (1985), la altura es un carácter cuantitativo controlado por muchos genes y es afectado por el medio ambiente. Para este caso el exceso de agua causado por el MITCH en la época lluviosa tuvo efecto sobre el desarrollo de las plantas. Suelos saturados de agua hacen escasear el oxígeno y esto va a afectar primero el sistema radicular y luego a toda la planta (White, 1985). A pesar de esta situación, la variedad Criolla presentó la mayor altura seguido de la variedad Compañía. Este resultado se mantuvo en los dos estados fenológicos (Tabla 4). Sin embargo, el análisis estadístico mostró significancia solamente en el estado fenológico V₄. La variedad Door-364 presentó la menor altura. Llano & Obando (1996) reportan que la variedad Door-364 responde a ambientes favorables. Esto explicaría por qué en condiciones de alta humedad en el suelo (condición desfavorable) afectara el crecimiento de esta planta en los primeros estados fenológicos, estos mismos autores mencionan que la variedad compañía es consistente tanto en ambientes favorables como desfavorables. La mayor altura de planta de la variedad Criolla se atribuye a una mejor adaptación a la ecología y práctica de manejo a que es sometida (Somarriba, 1997).

Las plantas inoculadas con la mezcla de cepa de *Rhizobium* mostraron menor desarrollo longitudinal que las plantas no inoculadas (Tabla 4). Esto demuestra que la inoculación de la

semilla no favoreció el crecimiento longitudinal de la planta. Siendo el frijol la leguminosa que menos fija nitrógeno y más dependiente de la fertilización nitrogenada (Rodríguez, 1996), era de esperar un bajo crecimiento longitudinal de la planta en este experimento que no fue fertilizado. Sinha (1978) menciona que las características de crecimiento lento de una planta son la suma de sus actividades funcionales durante su ciclo vital, otra causa de crecimiento lento puede ser la demora en el establecimiento de la simbiosis (*Rhizobium*-frijol) que proporcionen nitrógeno orgánico suficiente para el crecimiento de la planta. Suelos nutricionalmente deficientes, especialmente de fósforo reducen la nodulación y fijación de nitrógeno en el frijol común y la respuesta a la fertilización con fósforo varía según el genotipo (Graham, 1981 citado por Rosas, 1996), por consiguiente la mayor altura en los dos estados fenológicos para aquellas plantas que no fueron inoculadas prueban que además de existir cepas nativas en estos suelos demuestran que estas están mejor adaptadas bajo esas condiciones y que pueden competir, inducir a la nodulación y fijar nitrógeno tal vez no como una cepa altamente efectiva.

3.1.2 Diámetro del tallo

El diámetro del tallo es consecuencia del crecimiento secundario de las plantas. La limitación de crecimiento a ciertas partes vegetales parece tener relación con el desarrollo filogenético (Esau, 1986). No hay diferencias significativas entre las variedades evaluadas, y de la inoculación de la semilla con la mezcla de cepa de *Rhizobium* introducida (Tabla 4).

La variedad Criolla tuvo el mayor diámetro en el estado fenológico V_4 , pero en el estado fenológico R_6 la variedad Door-364 seguido del cultivar Compañía superaron a la variedad Criolla. Este comportamiento es resultado a que las variedades Door-364 y Compañía no están mejor adaptada como la variedad Criolla en condiciones de alta humedad. Su recuperación se logró cuando las condiciones climáticas se mejoraron. Debouck e Hidalgo (1985) refieren que el diámetro del tallo es una característica cuantitativa que puede ser utilizada para la identificación de variedades.

La mezcla de cepa introducida no fomentó el engrosamiento de la planta. La reducción del diámetro del tallo en el estado fenológico R₆ es consecuencia de la translocación de fuentes de energía hacia los brotes florales. Sinha (1978) y Binder (1997) mencionan que hay una reducción del nitrógeno en hojas, tallos y nódulos, favoreciendo la planta el proceso de floración y fructificación.

Tabla 4. Altura y Diámetro del tallo de frijol en los estados fenológicos V₄ y R₆. La Compañía, Masatepe 1998

| Factor: A | Altura (cm) | | Diámetro (mm) | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | V ₄ | R ₆ | V ₄ | R ₆ |
| Variedades | | | | |
| Door-364 | 8.9 b | 12.4 a | 2.9 a | 2.8 a |
| Compañía | 11.3 a | 12.5 a | 2.8 a | 2.7 a |
| Criolla | 11.8 a | 15.2 a | 3.0 a | 2.5 a |
| Nivel de significancia | * | NS | NS | NS |
| Factor: B | | | | |
| Inoculante con Cepa de <i>Rhizobium</i> | | | | |
| Semilla Inoculada | 9.9 b | 12.2 b | 2.9 a | 2.6 a |
| Semilla Sin Inocular | 11.4 a | 14.5 a | 2.9 a | 2.8 a |
| Nivel de significancia | * | * | NS | NS |
| C.V. (%) | 13.58 | 30.78 | 13.07 | 22.87 |

Separación de medias por Tukey al 5 %, medias con letras iguales no difieren estadísticamente.

3.1.3 Peso seco de planta

Según Fernández *et al* (1985), la materia seca puede servir de parámetro para medir el crecimiento de la planta y es influenciada por su hábito de crecimiento, los nutrientes y las condiciones climáticas.

Se determinó que existen diferencias significativas entre las variedades en cada estado fenológico (Tabla 5). La variedad Compañía y Criolla tuvieron el mayor peso seco en el

estado fenológico V₄, pero en los estados R₆ y R₈ la variedad Door-364 superó a estas variedades. Estas variaciones en el peso seco de plantas en los diferentes estados fenológicos demuestran las variaciones en cuanto a la adaptabilidad de la planta durante su crecimiento y desarrollo.

Para el factor inoculante con cepa de *Rhizobium* se encontró diferencias significativas solamente en los dos últimos estados fenológicos (Tabla 5), en el estado fenológico V₄, no existen diferencias entre las medias, este resultado es consecuencia probablemente de la aún no bien establecida simbiosis por las bacterias, ya que según Binder (1997), es después de veinte días que se inicia la fijación biológica del nitrógeno. Estos resultados concuerdan con Graham (1978) citado por Flor (1985), quién refiere que la planta de frijol obtiene parte de su nitrógeno de los cotiledones durante las tres primeras semanas, al mismo tiempo que se inicia el proceso de nodulación. En los estados fenológicos R₆ y R₈ si hay una diferenciación entre las medias, la mejor acumulación en peso seco la obtuvieron las plantas no inoculadas mostrando la buena infectividad de las cepas nativas. La baja acumulación de materia seca en las plantas inoculadas puede ser consecuencia de la competencia entre las bacterias *Rhizobium* introducidas y nativas, y a la deficiencia nutricional del suelo, Nicoloso & Santos (1990a) refieren que la adición de nitrógeno y molibdeno más inoculante estimulan la nodulación y el crecimiento de las plantas.

Tabla 5. Peso seco de planta de frijol en los estados fenológicos V₄, R₆ y R₈. La Compañía, Masetepe 1998

| Factor: A | | Peso seco (g) | | |
|--|----------------|----------------|----------------|--|
| Variedades | V ₄ | R ₆ | R ₈ | |
| Door-364 | 0.31 b | 1.8 a | 3.4 a | |
| Compañía | 0.39 a | 1.6 b | 2.6 b | |
| Criolla | 0.39 a | 0.9 c | 2.8 b | |
| Nivel de significancia | * | * | * | |
| Factor: B | | | | |
| Inoculante con Cepa de <i>Rhizobium</i> | | | | |
| Semilla Inoculada | 0.34 a | 1.2 b | 2.6 b | |
| Semilla Sin Inocular | 0.39 a | 1.6 a | 3.2 a | |
| Nivel de significancia | NS | * | * | |
| C.V. (%) | 17.25 | 18.13 | 17.63 | |

Separación de medias por Tukey al 5 %, medias con letras iguales no difieren estadísticamente.

3.2 Evaluación de la nodulación

Las limitaciones en la fijación del nitrógeno son debidas a la falta de conocimientos, a factores inherentes a los diferentes sistemas y factores ambientales (Hamdi, 1983). La evaluación de la nodulación es determinante para conocer la simbiosis entre las bacterias *Rhizobium* y la planta de frijol. Los nódulos por planta reflejan el número total de nódulos que los rizobios pueden producir en las raíces, y ésta depende de la habilidad de la bacteria para formarlos. También el estudio de la posición de los nódulos en la raíz es determinante para conocer la rapidez con que estas bacterias pueden introducirse en las raíces, así como la preferencia de éstas al infectar determinadas zonas del sistema radicular.

3.2.1 Nódulos por planta

La formación de nódulos es el resultado de una respuesta específica de las raíces de la planta huésped a la invasión de *Rhizobium*. Por otro lado, la habilidad para formar nódulos (infectividad) y para fijar nitrógeno (efectividad) es influenciado por el tipo de especie de *Rhizobium* e incluso variedades de leguminosa, el nitrógeno disponible en el suelo y los mismos factores de crecimiento que afectan el desarrollo normal de la planta, especialmente la humedad, oxígeno y nutrición (Binder, 1997). La eficiencia en la fijación biológica del nitrógeno se caracteriza por presentar nódulos grandes de color rosados y carnosos distribuidos cerca de la raíz principal y en las raíces secundarias, contrario a los nódulos formados por las bacterias ineficientes en la asimilación de nitrógeno que forman abundante nodulación, duros, esféricos y de color blanco repartidos por toda la raíz (Muslera & Ratera, 1984; FAO, 1985 y Binder, 1997).

La variable nódulo por planta muestra que no existen diferencias estadísticas entre las variedades de frijol (Tabla 6), a pesar de las diferencias en el número de nódulos por variedad. La ausencia de nódulos en la variedad Door-364 en el estado fenológico V₄ es consecuencia a factores ambientales, la cepa y la variedad. La variación en el número de nódulos por variedad es resultado; según Tapia & Camacho (1988) a que entre las cepas de *Rhizobium* existen diferentes grados de infectividad o sea la habilidad para formar nódulos. CIAT (1988) reporta que el frijol es una leguminosa muy promiscua en el sentido de que nodula con un rango diverso de cepas de *Rhizobium*, en especial las variedades criollas de semilla roja autóctonas de Centroamérica. El máximo beneficio de la fijación biológica de nitrógeno; solo es posible cuando todos los factores de crecimiento no están limitantes (Roskoski, 1986 citado por Miranda & Molina, 1992).

En el factor inoculante con cepa de *Rhizobium* no se encontró diferencia significativa (Tabla 6). La competencia entre cepas de *Rhizobium* para la infección de leguminosas, y los efectos de la presencia de otras bacterias sobre dicho proceso, son efectos importantes para el éxito de la simbiosis (Caetano & Favelukes, 1983). Tapia & Camacho (1988) refiere que la aparición

de nódulos visibles después de la germinación puede demorar dependiendo de la cepa de *Rhizobium*, la leguminosa, la presencia de nitrógeno en el suelo y otros factores ambientales. En suelos pobres en nitrógeno induce a la planta a entrar en un periodo de hambre que solamente puede ser mejorada mediante la fijación biológica de nitrógeno, pero cuando este periodo se prolonga y se ha retrasado el proceso de simbiosis, ocurre en la planta una acumulación de hidratos de carbono que la nodulación no puede efectuarse hasta que se añada un poco de nitrógeno (Whyte *et al.*, 1967). Las plantas que más nodularon en el estado fenológico V₄ fueron las que no se inocularon, esto significa que estas cepas nativas aunque tal vez no efectivas en la fijación de nitrógeno, si se adaptaron mejor bajo las condiciones de deficiencias nutricionales que las bacterias introducidas, sin embargo, en el estado fenológico R₆ la diferencia en el número de nódulos entre las plantas inoculadas y no inoculadas disminuyó, con respecto al estado fenológico V₄, esto significa que las cepas introducidas aunque menos infectivas que las cepas nativas, si logran establecer simbiosis, por tanto una vez que estas bacterias logren establecerse en el suelo mejorará su competitividad frente a las cepas nativas. El medio ambiente y el uso de productos químicos en el cultivo repercuten en la nodulación, estudios realizados por Lawn & Braun (1974) citado por Sinha (1978) demostraron que tanto la duración y la intensidad de la luz son factores importantes que contribuyen en la nodulación y fijación de nitrógeno, por otro lado el uso de plaguicidas químicos también tienen efectos negativos sobre las bacterias *Rhizobium* y por consiguiente en la nodulación (Enríquez, 1977; FAO, 1985 y Tapia & Camacho, 1988), estos estudios justifican la baja nodulación en el frijol que se produce en La Compañía en época de postrera que se caracteriza por el tiempo nublado, y suelos que se cultivan intensivamente.

3.2.2 Posición de nódulos en la raíz

La mayoría de los nódulos eran de color rosado y se encontraron en las raíces laterales, esto concuerda con Tapia & Camacho (1988) quienes refieren que los nódulos están distribuidos en las raíces laterales en la parte superior media del sistema radical.

Para el factor variedades no se encontraron diferencias significativas. En los estados fenológicos V₄ y R₆ la mejor variedad fue Compañía (Tabla 6), Rodríguez (1996) menciona que entre las bacterias altamente eficientes existe una fuerte interacción estirpe por el cultivar, eso justificaría las variaciones de nódulos entre variedades. Muslera & Ratera (1984) y Binder (1997), afirman que los nódulos sólo se forman en zonas de crecimiento activo. La gran mayoría de los nódulos se encontraron en las raíces laterales, posiblemente porque son las áreas del sistema radicular que están en constante crecimiento. Similares resultados obtuvieron Arraras *et al* (1983) al encontrar hasta un 80 por ciento de los nódulos en las raíces laterales en cultivos de soja.

No hay diferencias estadísticas en el factor inoculante con cepa de *Rhizobium* en ninguno de los estados fenológicos evaluados (Tabla 6), sin embargo, las plantas que presentaron mayor nodulación fueron las que no se inocularon, Ramírez (1983) refiere que el fracaso en la nodulación en plantas inoculadas se debe a cepas nativas de *Rhizobium* menos eficientes en la fijación, pero mejor adaptadas al suelo, igualmente, Rosas (1987) menciona que la falta de habilidad para formar una simbiosis adecuada a través de la inoculación, así como para sobrevivir con las cepas nativas, frecuentemente abundantes, y de baja capacidad para fijar nitrógeno, son la causa de la baja respuesta a la inoculación, más aun, en aquellas variedades cultivadas comercialmente, en particular bajo condiciones de estrés, representan también una gran limitante. Urrutia (1985) afirma que existen cepas que no sobreviven en el suelo, y es posible que factores ambientales alteren la efectividad de la simbiosis, también encontró que las características de competitividad y efectividad de las cepas inoculadas varían suelo a suelo.

Tabla 6. Número de nódulos totales y en las raíces laterales en frijol en los estados fenológicos V₄ y R₆. La Compañía, Masatepe 1998

| Factor: A | Nódulos totales | | Nódulos en raíces laterales | |
|--------------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|----------------|
| | V ₄ | R ₆ | V ₄ | R ₆ |
| Varietades | | | | |
| Door-364 | 0.0 a | 3.2 a | 0.0 a | 3.0 a |
| Compañía | 2.7 a | 4.7 a | 2.7 a | 4.7 a |
| Criolla | 1.8 a | 4.6 a | 1.8 a | 4.6 a |
| Nivel de significancia | NS | NS | NS | NS |
| Factor: B | | | | |
| Inoculante con | | | | |
| Cepa de <i>Rhizobium</i> | | | | |
| Semilla Inoculada | 0.6 a | 4.1 a | 0.6 a | 3.9 a |
| Semilla Sin Inocular | 2.4 a | 4.2 a | 2.4 a | 4.2 a |
| Nivel de significancia | NS | NS | NS | NS |
| C.V. (%) | 67.03 | 63.09 | 67.03 | 64.09 |

Separación de medias por Tukey al 5 %, medias con letras iguales no difieren estadísticamente.

3.3 Evaluación del rendimiento y sus componentes

El éxito en la productividad de un cultivo depende de una secuencia definida de acciones que realizadas oportunamente desembocan en un resultado positivo, la presión de alguna de ellas altera el proceso y la intensidad del efecto individual es variable (Tapia & Sandoval, 1980), aunque tiene que ver mucho la influencia de las condiciones ambientales sobre el genotipo (Debouck e Hidalgo, 1985) y por consiguiente en el rendimiento del cultivo.

3.3.1 Población

La población de plantas es determinante para obtener buenos rendimientos (Palma, 1993). Hernández & Gómez (1988) refieren que la densidad de poblaciones débiles a la siembra significará una menor densidad de plantas a la cosecha, estos mismos autores recomiendan

entre 190 y 240 mil plantas por hectárea a la cosecha como densidades óptimas. Los resultados en el experimento de campo muestran que las poblaciones obtenidas se acercan a las recomendadas. Se encontró diferencias significativas entre las variedades siendo la variedad Criolla la que obtuvo el mayor número de plantas por hectárea (Tabla 8). La razón del bajo número de plantas por hectárea fue consecuencia del alto contenido de humedad en el suelo causado por el huracán MITCH, por otro lado, las variaciones de población entre las variedades de frijol es consecuencia del grado de adaptabilidad para cada uno de los cultivares en estas condiciones.

Para el factor inoculante con cepa de *Rhizobium* no existe diferencias significativas (Tabla 8), aunque si existen diferencias numéricas. Las poblaciones más altas se lograron con plantas inoculadas, demostrando que una vez que se establece la simbiosis, ésta le permite una mayor plasticidad a las plantas de frijol, lo que le permite obtener una mejor población al momento de la cosecha. La deficiencia de microelementos, el medio ambiente y la competencia con las bacterias nativas disminuyeron la capacidad real de las bacterias introducidas, por consiguiente una vez que se establezca en el suelo y se dé una efectiva simbiosis con los cultivares de frijol puede incrementar los resultados significativamente.

El nitrógeno es el nutriente que más limita la producción en un cultivo (Ramírez, 1983) más aun en el cultivo del frijol, el cual según Rava (1991) es muy sensible a deficiencias nutricionales. Los resultados obtenidos en el factor niveles de fertilizantes determinaron que no se encontró diferencias significativas (Tabla 8). Las mayores poblaciones se alcanzaron con la aplicación de la fórmula completa (12-24-12) a la siembra más Urea a los 25 días después de la siembra, esto es debido posiblemente a que la segunda aplicación de nitrógeno fortaleció el desarrollo de las plantas, así como favoreció aun mayor crecimiento foliar, además que plantas bien nutridas son mucho más resistentes a plagas y enfermedades. Al aplicar solamente 127 kg/ha de la fórmula completa (12-24-12) a la siembra, produjo la menor densidad de plantas por hectárea debido probablemente a la rápida movilidad del nitrógeno, ya que según Graham (1978) citado por Flor (1985) al aplicar todo el fertilizante nitrogenado antes de la siembra, solamente el 26 por ciento de este fertilizante fue usado por la planta, de ahí la importancia que tiene el aplicar nitrógeno en forma fraccionada.

3.3.2 Vainas por planta

Esta variable es uno de los parámetros que más relación tiene con el rendimiento y está en dependencia del número de flores que tenga la planta (Tapia, 1987). Håkansson (1988) citado por Jiménez (1996) afirma que el aumento de la densidad reduce el número de vainas. El número de vainas por planta es variable entre las variedades de frijol. González (1995) reporta que éstas oscilan entre 8 y 18 vainas por planta. En este estudio no se encontró diferencias significativas entre las variedades en el experimento en bolsas (Tabla 7), sin embargo, en el experimento de campo si hay diferencias estadísticas entre las variedades, siendo la mejor variedad Door-364 (Tabla 8). La producción de vainas en el experimento en bolsas fue extremadamente baja en las tres variedades, lo que se atribuye a la falta de fertilización, en cuanto al experimento en campo, esta variable se vio afectada por el exceso de agua que debilitó a las plantas en su estado de desarrollo. El número de vainas por planta es diferente para cada variedad, esto concuerda con Herrera & Llano (1983) citado por Cortéz (1995) quienes refieren que el número de vainas por planta es diferente para cada variedad presentando cada una un comportamiento característico de ella.

En cuanto al factor inoculante con cepa de *Rhizobium*, en el experimento en bolsas, entre las medias no hay diferencias estadísticas (Tabla 7), también en el experimento en campo los resultados son no significativos (Tabla 8). El número de vainas por planta es mucho mayor en campo evidentemente por el mejor desarrollo del sistema radicular y foliar. Garassini (1967) menciona que la mayor parte del nitrógeno fijado se encuentra en las raíces durante el período de crecimiento primario, pero luego, cuando llega a la madurez, hasta el 74 por ciento del nitrógeno se le encuentra en la parte aérea. El nitrógeno fijado es utilizado en la floración, formación de vainas y el llenado del grano, cualquier efecto negativo durante la floración incidirá en la formación de vainas. White (1985) refiere que el número de vainas por planta está en dependencia del número de flores que tenga la planta.

El análisis estadístico encontró diferencias significativas entre las medias para el factor niveles de fertilizantes (Tabla 8). Las plantas con mayor número de vainas fueron las que recibieron nitrógeno extra a los 25 días después de la siembra, evidentemente que el suministro

de nitrógeno favoreció la formación de vainas en la planta, esto concuerda con Sinha (1978) que sugiere la necesidad de fertilizar el cultivo durante las fases iniciales de fructificación no con el objeto de aumentar el área foliar, sino para suministrar material mineral para la formación de las vainas, sin embargo, una elevada nutrición nitrogenada especialmente en las últimas semanas antes de la cosecha aumenta, apreciablemente, el contenido de compuestos nitrogenados solubles y con esto disminuye la calidad (Arzola *et al.*, 1981).

3.3.3 Granos por vaina

El número de granos por vaina es determinante en el rendimiento (White, 1985), y es influenciada por caracteres genéticos y del cultivo (Moreno, 1996 citado por Lacayo, 1997). González (1995) reporta que el número de granos por vaina en el frijol varía entre 4 y 6 granos. En el experimento en bolsa de polietileno no se encontró diferencias significativas entre las variedades (Tabla 7), esto es posiblemente al bajo peso acumulado por la planta y a la falta de nitrógeno en el experimento. En el análisis del experimento de campo se encontró diferencias significativas entre las variedades (Tabla 8). Las variedades con mayor número de granos fueron Door-364 y Compañía. La variedad Criolla fue la de menor número de granos por vaina, y la que obtuvo mayor densidad de plantas, obviamente esta condición influyó sobre la formación de los granos, Alemán (1997) refiere que condiciones de agrupamiento en el cultivo, influye sobre las plantas individuales básicamente en la reducción de vainas y granos por vaina. El efecto de alta humedad en el medio fue menor en esta variable debido a que factores genéticos influyen más que los factores ambientales.

El análisis estadístico no encontró diferencias significativas en la variable granos por vaina para el factor inoculante con cepa de *Rhizobium* en el experimento en bolsas (Tabla 7), la diferencia numérica fue mínima y favoreció a las plantas inoculadas. El experimento en campo presentó el mismo comportamiento que el experimento en bolsas, ya que no se encontró diferencias significativas (Tabla 8), al igual que el anterior la diferencia numérica entre los granos por vaina es mínima y favoreció a las plantas inoculadas, por tanto las cepas introducidas no tuvieron un efecto significativo en el aumento del número de granos por vaina.

La separación de medias determinó diferencias significativas en el factor fertilizantes (Tabla 8), los niveles de fertilización que presentaron el mayor número de granos por vaina fueron: 127 kg/ha de la fórmula completa (12-24-12) a la siembra y 127 kg/ha de la fórmula completa (12-24-12) a la siembra más 63.5 kg/ha de urea a los 25 días después de la siembra, y el menor número granos por vaina lo obtuvo el nivel de fertilización de 127 kg/ha de la fórmula completa (12-24-12) a la siembra más 127 kg/ha urea a los 25 días después de la siembra, este último nivel favoreció la formación de vainas.

3.3.4 Peso de mil granos

El peso de mil granos es un carácter cuantitativo y es influenciado por el medio ambiente (Johansen, 1909 citado por Marini *et al.*, 1993). Esta variable demuestra la capacidad de translocar nutrientes acumulados por la planta en su desarrollo vegetativo al grano en la etapa reproductiva (Zapata & Orozco, 1991). González (1995) encontró que el peso de mil granos es variable entre las variedades y oscila entre 171 y 267 gramos. Los análisis obtenidos establecen que existe significancia entre las variedades evaluadas (Tabla 8). Las variedades Compañía y Criolla pertenecen a la misma categoría estadística y fueron las que obtuvieron mayor peso de granos, la variedad Door-364 pesó menos de entre los cultivares. Verneti (1985) y Quiroz & Minor (1991) citados por Zapata & Orozco (1991) mencionan que el peso de los granos varía entre las variedades ya que es influenciados por factores genéticos.

El análisis estadístico en esta variable no encontró diferencias significativas en el factor inoculante con cepa de *Rhizobium*, sin embargo, si hay diferencias numéricas en el peso de los granos (Tabla 8). Las plantas inoculadas tuvieron un mayor llenado del grano, esto demuestra que la nodulación suministró nitrógeno para la formación del grano. Sinha (1978), Muslera & Ratera (1984) y Binder (1997) refieren que durante la formación de vainas y el llenado del grano se transloca gran parte de la materia mineral acumulada en la planta principalmente de los nódulos. Lalande *et al* (1986) estima que en presencia de una cepa eficiente, hasta el 78 por ciento del nitrógeno presente en la vaina procede de la fijación de nitrógeno. Evidentemente que la competencia con *Rhizobium* nativa redujo el efecto real de la cepa introducida.

Según los resultados del factor niveles de fertilizantes las diferencias encontradas entre las medias son no significativa, por consiguiente, ninguna de las dosis tuvo efecto real en esta variable, sin embargo, el mayor peso de granos se obtuvo cuando se aplicó 127 kg/ha de la fórmula completa (12-24-12) a la siembra más 127 kg/ha de urea a los 25 días después de la siembra (Tabla 8). Esto es debido probablemente al mejor desarrollo en la planta y al llenado de granos. Con el aumento de la fertilización nitrogenada crece el rendimiento fotosintético de la planta; los granos son mayores y principalmente su endospermo es más grueso (Arzola *et al.*, 1981), mientras que el contenido de proteínas disminuye, estos mismos autores afirman que cuando el suministro de nitrógeno es tan alto que con relación a las necesidades fotosintéticas hay un exceso, es que aumenta de nuevo el contenido de proteína bruta de los granos. El aprovechamiento del nitrógeno por la planta y la respuesta de esta al nitrógeno está bien asociada a la disponibilidad de agua y otros factores ecológicos como la radiación, por tanto el rendimiento del nitrógeno es bajo y depende del clima y oscila entre 30 y 50 por ciento (Salmerón & García, 1994).

3.3.5 Rendimiento

La productividad varietal depende de la ecología y el manejo a que se somete cada variedad (Tapia, 1987; Tapia & Camacho, 1988). El análisis estadístico determinó para el ensayo en bolsas de polietileno que si existen diferencias significativas en el rendimiento entre las variedades (Tabla 7). La variedad Criolla obtuvo el mayor rendimiento por planta. Esto pudo ser consecuencia de la translocación de nutrientes para la formación del grano, prueba de ello es la reducción del diámetro (Tabla 4), el peso seco acumulado en el estado fenológico R₆ (Tabla 5), y del nitrógeno fijado en los nódulos (Tabla 6). Además, estudios hechos por el MAG (1991) citado por Guerra & Guerrero (1995) afirma que los cultivares criollos no responden a la fertilización y por consiguiente no deben ser fertilizados porque independientemente que se haga o no los rendimientos son similares, obviamente que esta característica de la variedad Criolla le favoreció en este experimento que no se fertilizó. La Compañía fue la variedad que más produjo vainas y la que obtuvo menos rendimiento, esto concuerda con White (1985), quien afirma que el aumento en el número de vainas por planta

puede provocar una reducción en el peso del grano y por lo tanto bajar los rendimientos. En el experimento en campo la separación de medias no encontró diferencias estadísticas entre las variedades (Tabla 8), sin embargo, si hay diferencias numéricas, la mejor variedad fue Door-364 con 828.78 kg/ha. El número de vainas por planta, granos por vaina y la fertilización obviamente influenciaron en este resultado, Blanco (1991) refiere también que altas densidades de siembra inciden positivamente en el número de vainas y el rendimiento. A pesar que los rendimientos obtenidos en las diferentes variedades no se acercan a su potencial real de rendimiento se pueden considerar normales con relación a los rendimientos obtenidos a nivel nacional (Somarriba, 1997).

Los resultados del análisis estadísticos encontraron diferencias significativas para el factor inoculante con cepa de *Rhizobium* en el experimento en bolsas de polietileno (Tabla 7), siendo las plantas no inoculadas las que superaron a las plantas inoculadas, con un rendimiento promedio por planta de 1.9 gramos. El bajo rendimiento obtenido en este experimento pudo ser consecuencia del bajo número de vainas por planta y granos por vaina, debido principalmente a que no se fertilizó el experimento. En el rendimiento en campo la separación de medias no encontró diferencias significativas (Tabla 8), aunque, las diferencias numéricas si reflejan mejoría para las plantas inoculadas. El alto rendimiento de granos se obtuvo de plantas con mayor peso de mil granos y mayor densidad de plantas por área (Tabla 8), estos resultados coinciden con White (1985) quien afirma que las plantas cosechadas y peso del grano son componentes que influyen sobre el rendimiento.

La fertilización presentó un efecto significativo sobre el rendimiento. Las plantas que lograron mayor rendimiento fueron las que recibieron nitrógeno a los 25 días después de la siembra (Tabla 8). Rosas (1987) afirma que hasta el 88 por ciento del nitrógeno total en la planta a la cosecha se encuentra en los granos. Por consiguiente la aplicación del nitrógeno extra favoreció a un incremento en el rendimiento. Tapia (1991) citado por Chévez (1995), refiere que el rendimiento muestra eficacia con que las plantas hacen uso de los recursos existentes en el medio, unido también al potencial genético que estos tengan. Los componentes que más influyeron en el rendimiento fueron la densidad de plantas, número de vainas por planta y peso de mil granos (Tabla 8).

Tabla 7. Rendimiento individual por planta de frijol y sus componentes del experimento en bolsas en el estado fenológico R₃. La Compañía, Masatepe 1998

| Factor: A | Vainas | Granos | Rendimiento (g) |
|--|------------|-----------|-----------------|
| Variedades | por planta | por vaina | por planta |
| Door-364 | 1.4 a | 2.8 a | 1.6 b |
| Compañía | 1.6 a | 2.8 a | 1.1 c |
| Criolla | 1.5 a | 2.7 a | 1.8 a |
| Nivel de significancia | NS | NS | * |
| Factor: B | | | |
| Inoculante con Cepa de <i>Rhizobium</i> | | | |
| Semilla Inoculada | 1.4 a | 2.8 a | 1.2 b |
| Semilla Sin Inocular | 1.5 a | 2.7 a | 1.9 a |
| Nivel de significancia | NS | NS | * |
| C.V.(%) | 19.10 | 17.20 | 23.07 |

Separación de medias por Tukey al 5 %, medias con letras iguales no difieren estadísticamente.

3.3.6 Peso seco de paja

El peso de paja del frijol guarda una estrecha relación con el rendimiento. Una mayor acumulación en el peso de paja es producto de una mayor acumulación de materia seca, incrementando así la producción de granos (Martínez, 1997). La variedad Door-364 fue la de mayor peso seco de paja obtenida. Las variedades Compañía y Criolla le siguieron respectivamente, aunque no hay diferencias estadísticas en estas dos últimas (Tabla 8). A pesar que la variedad Criolla presentó el mayor número de plantas por hectárea, es obvio que éstas no logran desarrollarse como las plantas de las otras dos variedades, esto es debido posiblemente a la superioridad de estos cultivares frente a la variedad Criolla, otra razón que influyó fue el hábito de crecimiento en los cultivos así como el ataque de mustia hilachosa, que afectó el follaje de los cultivares, ya que según Somarriba (1997), las variedades criollas son mucho más susceptibles que las variedades mejoradas. Gregory (1992) refiere que el

crecimiento máximo en un cultivo es dependiente de la extensión de la superficie foliar, por consiguiente cualquier factor que reduzca el área foliar limitará directamente la producción de materia seca.

El factor inoculante con cepa de *Rhizobium* no presentó diferencias significativas, sin embargo, las plantas no inoculadas presentaron el mayor peso seco de paja (Tabla 8). La acumulación de materia seca en la planta requiere tanto del nitrógeno del suelo como de lo obtenido de la fijación simbiótica y esta última es según Nicoloso & Santos (1990b) producto de la interacción entre las bacterias, la planta y el ambiente. Vargas & Acuña (1990) observaron que la inoculación mejora el peso seco en el frijol, esto es probablemente a la aplicación de molibdeno en los tratamientos. El molibdeno es un componente estructural de la enzima nitrogenasa, asociada a los nódulos radiculares de las leguminosas (Kass, 1996).

Varios factores incluyendo la fertilidad y aspectos edáficos y ambientales influyen sobre el crecimiento de las plantas, la absorción de nitrógeno y su distribución sobre los componentes vegetales (Cambell, 1983). Los resultados obtenidos por la separación de medias encontraron diferencias significativas (Tabla 8). El análisis muestra una categoría estadística para cada nivel de fertilización, siendo los mejores pesos de paja obtenidos cuando se aplicó 127 kg/ha de la fórmula completa (12-24-12) como fertilización básica a la siembra más 63.5 y 127 kg/ha de urea a los 25 días después de la siembra, esto puede ser resultado según Gregory (1992), a que los fertilizantes promueven el crecimiento foliar y, en consecuencia, se incrementa la fotosíntesis y la materia seca producida.

Tabla 8. Rendimiento de frijol y sus componentes en el experimento de campo en el estado fenológico R₈. La Compañía, Masatepe 1998

| Factor: A | Población/ha | Vainas/ | Granos/ | Peso de mil | Rendimiento | Peso paja |
|--------------------------|--------------|---------|---------|-------------|-------------|-----------|
| Variedades | en miles | Planta | Vaina | granos (g) | (kg/ha) | (kg/ha) |
| Door-364 | 166.67 b | 8.4 a | 5.8 a | 203.4 b | 828.78 a | 708.4 a |
| Compañía | 156.25 b | 6.5 b | 5.5 b | 232.0 a | 722.40 a | 528.4 b |
| Criolla | 190.62 a | 7.4 ab | 4.6 c | 224.7 a | 691.90 a | 418.6 b |
| Nivel de sig. | * | * | * | * | NS | * |
| Factor: B | | | | | | |
| Inoculante con | | | | | | |
| Cepa de <i>Rhizobium</i> | | | | | | |
| Semilla Inoc. | 177.50 a | 7.6 a | 5.4 a | 222.8 a | 784.0 a | 521.8 a |
| Semilla Sin Inoc | 165.41 a | 7.3 a | 5.3 a | 217.3 a | 711.4 a | 579.4 a |
| Nivel de sig. | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Factor: C | | | | | | |
| Niveles de | | | | | | |
| Fertilizantes | | | | | | |
| 127kg/ha completo* | 159.89 a | 6.4 b | 5.5 a | 219.20 a | 601.70 b | 460.5 b |
| * +63.5kg/ha Urea | 177.81 a | 7.9 a | 5.5 a | 217.50 a | 752.70 ab | 562.3 ab |
| * +127kg/ha Urea | 176.87 a | 8.0 a | 5.0 b | 223.40 a | 888.70 a | 628.4 a |
| Nivel de sig. | NS | * | * | NS | * | * |
| C.V. (%) | 24.94 | 25.78 | 9.19 | 6.26 | 35.56 | 34.48 |

Separación de medias por Tukey al 5 %, medias con letras iguales no difieren estadísticamente.

IV CONCLUSIONES

Experimento en bolsas

Las variedades que mostraron mejor crecimiento (altura y diámetro) fueron Criolla y Door-364, la variedad Compañía fue la que presentó mayor nodulación y en su gran mayoría eran nódulos rosados ubicados en las raíces laterales. El mayor peso seco por planta lo obtuvo la variedad Door-364. En cuanto al rendimiento y sus componentes, la variedad Compañía obtuvo más vainas por planta y granos por vaina, mientras que la variedad Criolla presentó el mayor rendimiento por planta.

Las plantas sin inocular obtuvieron el mayor crecimiento longitudinal, más peso seco por planta, mayor número de vainas por planta y rendimiento por planta, solamente las plantas inoculadas presentaron más granos por vaina. No se encontró diferencia entre las plantas inoculadas y las plantas no inoculadas en la variable nódulos totales y en las raíces laterales.

Experimento en campo

La variedad Door-364 tuvo el mayor rendimiento en campo, más vainas por planta, granos por vaina y peso seco de paja. La variedad Criolla tuvo el mayor número de plantas por hectárea y la variedad Compañía obtuvo el mayor peso de mil granos.

Las plantas inoculadas alcanzaron el mayor rendimiento, población por hectárea, vainas por planta, granos por vaina y peso de mil granos, únicamente las plantas sin inocular lograron mayor peso seco de paja.

El nivel de fertilización 127 kg/ha de la fórmula (12-24-12) a la siembra más 127 kg/ha de urea a los 25 días después de la siembra obtuvo el mayor rendimiento, peso de mil granos, vainas por planta y peso seco de paja. La aplicación de 127 kg/ha de la fórmula (12-24-12) a la siembra más 63.5 kg/ha de urea presentó el mayor número de plantas por hectárea y granos por vaina, esta última variable presentó el mismo valor cuando se aplicó 127 kg/ha de la fórmula (12-24-12) a la siembra.

V RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones se recomienda lo siguiente:

- ◆ Continuar el estudio con el objetivo de confirmar los resultados así como enriquecer la investigación.
- ◆ Realizar análisis químico del suelo de macro y micronutrientes para evaluar sus efectos en la inoculación.
- ◆ Realizar más estudios sobre la fertilización química para evaluar su influencia en la planta y en la inoculación.

VI REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alemán, F. 1997. Manejo de malezas en el trópico. Primera Edición. Multiformas R. L. Managua, Nicaragua. 227 Pp.
- Arraras, F. A.; Kaprovikas, A. & Somigliana, J. C. 1983. Nodulación en 16 variedades de soja en la zona de Orán. Pazos, M. S. X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de la ciencia del suelo. SECYT. Mar del plata, Argentina. Pp.141
- Arzola, P. N.; Fundora H, O. & Machado de Armas, J. 1981. Suelo, planta y abonado. Primera Reimpresión. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 461 Pp.
- Ayala, L. B. 1977. Proyección agronómica de algunos aspectos metodológicos de rizobiología. Revista Latinoamericana de Ciencias Agrícolas. Caracas, Venezuela. 13:1. Pp 3-14
- Bazán, R. 1974. Fertilización con nitrógeno y manejo en leguminosas de granos de América Central. Primera Edición. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 26 Pp.
- BCN. 1997. Informe Anual. Banco Central de Nicaragua. Managua, Nicaragua. 177 Pp.
- Binder, U. 1997. Manual de leguminosas de Nicaragua. Tomo I. Primera Edición. PASOLAC/EAGE. Estelí, Nicaragua. 528 Pp.
- Blanco N, M. 1991. Efecto del control manual, químico y cultural en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Nicaragua. CNIGB. Congreso Nacional de Granos Básicos. Pv.
- Caetano, A. G. & Favelukes, G. 1983. Competición y especificidad en la adhesión temprana de rizobios a raíces de alfalfa. Pazos, M. S. X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de la ciencia del suelo. SECYT. Mar del plata, Argentina. Pp.142
- Campbell, C. A. 1983. Balance y eficiencia del uso del nitrógeno con énfasis en los suelos de praderas del Canadá, Pazos, M. S. X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de la ciencia del suelo. SECYT. Mar del plata, Argentina. Pp.13-63
- CIAT. 1998. Programa de frijol. Primera Edición. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 400 Pp.
- Cortéz E, F. E. 1995. Evaluación de 89 líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) obtenidas a partir de ocho poblaciones recolectadas en Nicaragua. Tesis Ing. Agr. UNA. Managua, Nicaragua. 43 Pp.

- Cuadra, M. 1991. Respuesta del maíz a la aplicación de fertilizantes en suelos de Nicaragua. Experimentos en el campo con nitrógeno en aplicaciones simples y fraccionadas. Segundo Seminario del Programa Ciencia de las Plantas. UNA. Managua, Nicaragua. Pp. 73-87
- Chávez S, C. M. 1995. Efecto de frecuencia de aplicación de fungicida foliar sobre la calidad de semilla de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Agr. UNA Managua, Nicaragua. 28 Pp.
- Davis, J. 1985. Conceptos básicos de genética de frijol. López, M. Frijol: Investigación y producción. Segunda Reimpresión. Editorial XYZ. Cali, Colombia. Pp.81-88
- Debouck, D. e Hidalgo, R. 1985. Morfología de la planta de frijol común. López, M. Frijol: Investigación y producción. Segunda Reimpresión. Editorial XYZ. Cali, Colombia. Pp. 7-42
- Enríquez, G. A. 1977. Mejoramiento genético sobre otros factores limitantes de la producción de frijol, *Phaseolus vulgaris*, diferentes de enfermedades e insectos. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 50 Pp.
- Esau, K. 1986. Anatomía vegetal. Tomo I. Tercera Reimpresión. Edición Revolucionaria. La Habana, Cuba. 484 Pp.
- FAO. 1985. Inoculantes para leguminosas y su uso. Primera Edición. FAO. Roma, Italia. 61 Pp.
- Fernández, F.; Gepts, P. & López, M. 1985. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. López, M. Frijol: Investigación y producción. Segunda Reimpresión. Editorial XYZ. Cali, Colombia. Pp. 61-78
- Flor, C. A. 1985. Revisión de algunos criterios sobre la recomendación de fertilizantes en frijol. López, M. Frijol: Investigación y producción. Segunda Reimpresión. Editorial XYZ. Cali, Colombia. Pp. 287-312
- Garassini, L. A. 1967. Microbiología agraria. Primera Edición. UCV. Maracay, Venezuela. Pp. 394-403
- González G, M. B. 1995. Evaluación del crecimiento, desarrollo y rendimiento de 14 accesiones nicaragüenses y la variedad Revolución 84 de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Agr. UNA. Managua, Nicaragua. 43 Pp.

- Gregory, P. J. 1992. Crecimiento y desarrollo vegetal. Wild, A. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Primera Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 31-71
- Guerra L, D. F. & Guerrero L, C. J. 1995. Efecto de cuatro niveles de fertilizante sobre el crecimiento y rendimiento de cinco variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo el sistema de cero labranza. Tesis Ing. Agr. UNA. Managua, Nicaragua. 41 Pp.
- Handi, Y. A. 1983. Biological nitrogen fixation: Its possibilities and limitations. FAO. El reciclaje de materia orgánica en la agricultura de América Latina. Primera Edición. FAO/SIDA. Roma, Italia. Pp. 18-31
- Hernández H, E. & Gómez F, G. 1988. Caracterización agronómica en la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) de postrera en Rivas-Tola. Tesis Ing. Agr. UNA Managua, Nicaragua. 58 Pp.
- INETER. 1999. Area de estadística. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Managua, Nicaragua.
- Jiménez A, J. M. 1996. Efecto de labranza y métodos de control de malezas sobre la dinámica de las malezas y el crecimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) postrera, 1994. Tesis Ing. Agr. UNA. Managua, Nicaragua. 53 Pp.
- Kass L, D. C. 1996. Fertilidad de suelos. Primera Edición. EUNED. San José, Costa Rica. 272 Pp.
- Lacayo M, E. R. 1997. Influencia de período de enmalezamiento sobre el crecimiento y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Door-364. Tesis Ing. Agr. UNA. Managua, Nicaragua. 32 Pp.
- Lalande, R.; Antoun, H.; Paré, T. & Joyal, P. 1986. Effets de l'inoculation avec des souches du *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli sur le rendement et la teneur en azote du haricot (*Phaseolus vulgaris*). Naturaliste canadien. 113(4): 337-346
- Llano, A. & Obando, J. 1996. Estabilidad de rendimiento de 14 líneas promisorias del frijol en 6 ambientes de Nicaragua. INTA. Informe Anual 1996: Programa de Granos Básicos, Sub-programa de Frijol. Managua, Nicaragua. Pp. 22-34

- Martínez A, J. A. 1997. Efectos de labranza y métodos de control de malezas sobre la dinámica de las malezas y del crecimiento y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) postrera 1995. Tesis Ing. Agr. UNA. Managua, Nicaragua. 48 Pp.
- Marini, D.; Vega, I. & Maggioni, L. 1993. Genética agraria. Primera Edición. MOLISV/UNA. Managua, Nicaragua. 350 Pp.
- Miranda D, J. C. & Molina R, A. J. 1992. Evaluación de cinco cepas de *Rhizobium leguminosarum* bv. Phaseoli en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Rev. 84. Tesis Ing. Agr. UNA. Managua, Nicaragua. 41 Pp.
- Muslera P, E. & Ratera G, C. 1984. Praderas y forrajes: producción y aprovechamiento. Primera Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 308-339
- Nicoloso, F. T. & Santos, O. S. 1990a. Efeitos do nitrogenio mineral, molibdenio e inoculacao con *rhizobium* no feijoeiro comum. Revista do centro de ciencias rurais 20(1-2): 23-35
- Nicoloso, F. T. & Santos, O. S. 1990b. Consideracoes sobre a fixacao simbiotica de N₂ no feijoeiro comum. Revista do centro de ciencias rurais 20(1-2): 51-73
- Palma R, O. R. 1993. Influencias de diferentes métodos de control de malezas y espaciamento entre surcos sobre la cenosis y el crecimiento y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) C. V. Rev. 79-A en el ciclo de postrera 1990. Tesis Ing. Agr. UNA. Managua, Nicaragua. 54 Pp.
- Ramírez, C. 1983. La posible contribución de la fijación biológica del nitrógeno de los cultivares. FAO. El reciclaje de la materia orgánica en la agricultura de América Latina. San José, Costa Rica. Pp. 56-59
- Rava, C. A. 1991. Producción artesanal de semilla mejorada de frijol. Primera Edición. FAO-MAG. Managua, Nicaragua. 120 Pp.
- Rodríguez, D. N. 1996. Inhibición de la nodulación y fijación simbiótica de N₂ en cultivares de Judía (*Phaseolus vulgaris* L.). Chordí Corbo, A. Avances en la investigación sobre la fijación biológica de nitrógeno. Universidad de Salamanca. Salamanca, España. Pp. 357-358
- Rosas, J. C. 1987. Estrategias de mejoramiento para incrementar la capacidad de fijación biológica de nitrógeno del frijol común en América Latina. Revista CEIBA. Honduras. Vol.28 N°1 Pp. 39-57

- Rosas, J. C. 1996. Tolerancia del frijol común a la baja disponibilidad del fósforo en suelos de Honduras. Revista CEIBA. Honduras. Vol.37 N°1 Pp. 259-264
- Salmerón, F. & García, L. 1994. Fertilidad y fertilización del suelo. Primera Edición. UNA. Managua, Nicaragua. 141 Pp.
- Sinha, S. K. 1978. Las leguminosas alimenticias: su distribución, su capacidad de adaptación y biología de los rendimientos. Primera Edición. FAO. Roma, Italia. 123 Pp.
- Somarriba, C. 1997. Texto de granos básicos. Primera Edición. UNA. Managua, Nicaragua. 196 Pp.
- Talavera, F. T. 1989. Assesment of the impacts of P and N fertilizers on common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown on a volcanic soil in pot and field experiments. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Soil Sciences. Report and Dissertations 2.
- Tapia B, H. & Sandoval A, U. 1980. Densidad de población óptima en cultivos anuales. Tapia B, H. Tópicos importantes de uso común para la impartición de asistencia técnica en granos básicos. INRA/PROAGRO. Managua, Nicaragua. Pp. 31-37
- Tapia B, H. 1987. Variedades mejoradas de frijol con grano rojo para Nicaragua. Primera Edición. ISCA. Managua, Nicaragua. 26 Pp.
- Tapia B, H. & Camacho H, A. 1988. Manejo integrado de la producción de frijol basado en labranza cero. Primera Edición. GTZ. Managua, Nicaragua. 181 Pp.
- Urrutia, S, N. I. 1985. Caracterización y selección de cepas de *Rhizobium phaseoli* para ser usada como inoculantes. Tesis Bacteriología. Manizales, Colombia. UCM. 105 Pp.
- Vargas, R. & Acuña, O. 1990. Respuesta de dos variedades de *Phaseolus vulgaris* a la inoculación y a la fertilización con nitrógeno y molibdeno en un Inceptisol de Upala. Alajuela. Agronomía Costarricense. 14(1)93-98
- Vincent, J. M. 1975. Manual práctico de rizobiología. Primera Edición. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 200 Pp.
- White, J. 1985. Conceptos básicos de fisiología de frijol. López, M. Frijol: Investigación y producción. Segunda Reimpresión. Editorial XYZ. Cali, Colombia. Pp. 43-60
- Whyte, R. O.; Nilsson-Leisner, G. & Trumble, H. C. 1967. Las leguminosas en la agricultura. Primera Edición. Edición Revolucionaria. La Habana, Cuba. 405 Pp.

- Wittwer, S. H. 1990. La forma de los prospectos futuros. Carlson, P. S. Biología de la productividad de cultivos. Primera Edición. AGT Editor S. A. México. Pp. 361-402
- Winston J, B. 1990. Fijación del nitrógeno. Carlson, P. S. Biología de la productividad de cultivos. Primera Edición. AGT Editor S. A. México. Pp 45-64
- Zapata, M. & Orozco, H. 1991. Evaluación de diferentes métodos de control de malezas y distancias de siembra de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Rev. 81 en el ciclo de postrera. Tesis Ing. Agr. UNA. Managua, Nicaragua. 72 Pp.