

Universidad Nacional Agraria
Facultad de Agronomía
Escuela de Producción Vegetal

Trabajo de Diploma

Incremento de la Productividad de Frijol
(*Phaseolus vulgaris* L.) a nivel de Finca
mediante la Inoculación con
Rhizobium leguminosarum bv. *phaseoli*

AUTOR

José Alfredo Portillo Zeledón

TESIS

Presentada a la consideración del Honorable Tribunal
Examinador como requisito final
para obtener el grado profesional
de Ing. Agrónomo

Managua, Nicaragua.

Diciembre, 1995

DEDICATORIA

A **DIOS NUESTRO SEÑOR** por siempre haberme iluminado en tan dura jornada.

Con todo amor y respeto a quienes con su sacrificio me forjaron: **MIS PADRES:**

Alfredo José Portillo Olmedo.
María Lourdes Zeledón de Portillo.

A mis queridos y recordados abuelos:

María Zeledón de García (q.e.p.d)
Concepción García Moreno (q.e.p.d)
Teresa Olmedo de Portillo.
Celio Portillo Carranza (q.e.p.d)

A quienes nada pidieron para sí, por ver realizada mi carrera, **MIS HERMANOS:**

Lisseth
Brenda
Jamil

A mis queridos sobrinitos, aliento para seguir:

Kiesler
Liesi

A Glenda Soto Fernández, por su apoyo y amor brindado en la cristalización de este trabajo.

A la clase más desposeída, fuerza motriz para la realización de éste trabajo: **LOS CAMPESINOS.**

José Alfredo Portillo Zeledón.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece especialmente al asesor principal:

Lic. MSc. Gustavo Valverde Reyes.

Quien me supo conducir en la realización de esta investigación, no solo como asesor, sino como amigo de manera incondicional.

Al Ing. Agr. MSc. Telemaco Talavera.

Quien me dio la oportunidad de realizar éste trabajo y orientarme oportunamente en él.

Al Ing. Agr. MSc. Marcos Guatemala y Dr. Agr. Henry Pedroza.

Por haberme facilitado de manera incondicional su valiosa ayuda en la inserción a la Universidad.

Ing. Agr. Julio Zeledón.

Por su apoyo moral brindado en la culminación de este trabajo.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA) y todos sus docentes

Por haber hecho con sus enseñanzas un hombre útil a la sociedad

Al Programa Regional de Investigación Agronómica sobre Granos en Centro América (PRIAG).

Por la cooperación económica brindada en la realización de la presente investigación.

Al Programa Ciencia de las Plantas UNA-SLU (P.C.P)

Por su invaluable cooperación en la culminación de este trabajo.

A la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos (UNAG).

Por el apoyo brindado en la finalización de este trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en alcanzar este gran triunfo.

INDICE GENERAL

Página

CONTENIDO:

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE GENERAL	iii
INDICE DE TABLAS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
I INTRODUCCION	1
II MATERIALES Y METODOS	4
2.1 Descripción de los ensayos.....	4
2.1.1 Ubicación y clima.....	4
2.2 Diseño experimental.....	6
2.3 Area experimental.....	8
2.4 Manejo de los ensayos.....	9
2.5 Variables medidas.....	11
2.5.1 Número de nódulos.....	11
2.5.2 Peso seco de los nódulos.....	12
2.5.3 Peso seco del área foliar.....	12
2.5.4 Rendimiento y sus componentes.....	12
III RESULTADOS Y DISCUSION	13
3.1 EXPERIMENTO EN SAN DIEGO (NANDAIME)	13
3.1.1 Nodulación (número y peso seco de nódulos).....	13
3.1.2 Materia seca de parte aérea.....	15
3.1.3 Peso de mil granos.....	17

3.1.4 Rendimiento de grano.....	18
3.2 EXPERIMENTO EN SAN LORENZO (ESTELI).....	22
3.2.1 Nodulación (número y peso seco de nódulos).....	22
3.2.2 Materia seca de parte aérea.....	23
3.2.3 Peso de mil granos.....	24
3.2.4 Rendimiento de grano.....	25
IV CONCLUSIONES.....	29
V RECOMENDACIONES.....	31
VI REFERENCIAS.....	32

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Algunas características químicas de los suelos de San Diego (Nandaime) y San Lorenzo (La Trinidad, Estelí) Nicaragua (1994).....	5
2. Origen de las cepas de <i>Rhizobium Phaseoli</i> usadas en este estudio.....	7
3. Descripción de los tratamientos para los ensayos en San Diego (Nandaime) y San Lorenzo (Estelí) Nicaragua (1994).....	8
4. Resultados obtenidos en la localidad de San Diego (Nandaime) Nic. (1994).....	21
5. Resultados obtenidos en la localidad de San Lorenzo (Estelí) Nic. (1994).....	28

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Precipitación acumulada mensual durante los meses de Mayo a Diciembre de 1994 en las localidades de San Diego y San Lorenzo.....	6
2. Relación del rendimiento de frijol con la producción de materia seca en las dos variedades evaluadas en San Diego.....	20
3. Relación del rendimiento de frijol con la producción de materia seca en las dos variedades evaluadas en San Lorenzo.....	27

RESUMEN

El efecto de una mezcla de tres cepas de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* (CIAT-613, CR-477 y KIM-5) relacionado con los factores limitantes del suelo (P, Ca, Cu, y Zn) sobre la simbiosis en tres variedades de *Phaseolus vulgaris* L. (DOR-364, ESTELI-90B y REVOLUCION-84) fue estudiado en un suelo Molisol y un Aluvial en las localidades de San Diego (Nandaime) y San Lorenzo (La Trinidad, Estelí), respectivamente, bajo condiciones de labranza convencional para ambas localidades. En la localidad de San Lorenzo se trabajó con las variedades DOR-364 y EST-90B con la corrección del cobre (factor A) y el zinc (factor B), mientras que en la localidad de San Diego, el trabajo se realizó con las variedades DOR-364 y REVOLUCION-84 y la corrección del calcio (factor A) y el fósforo (factor B). Ambos estudios se llevaron a cabo en época de postrera de 1994. En los dos ensayos la inoculación se hizo directamente a la semilla. Los tratamientos a evaluar fueron los siguientes: Alto nitrógeno, bajo nitrógeno como testigos (sin inocular), mezcla de inoculantes con (-A,-B), (+A,-B), (-A,+B), y (+A,+B) para un total de seis tratamientos por cada variedad. El diseño usado fue de bloques completos al azar (B.C.A). Las variables evaluadas fueron: Número y peso seco de nódulos, peso de materia seca de la planta en R6, peso de mil granos y rendimiento de grano en R9. Los datos se procesaron usando análisis de varianza (ANDEVA) y se utilizó la prueba de rangos múltiples de DUNCAN ($P \leq 0,05$). Se observó a nivel general en ambos experimentos que la variedad introducida mostró un mayor rendimiento y que el mejor rendimiento de grano se obtuvo con el tratamiento en el que se usó alta dosis de nitrógeno y sin inocular. Por otro lado el rendimiento de frijol fue afectado negativamente por las aplicaciones de zinc en el caso del experimento en San Lorenzo. Para la localidad de San Diego se obtuvo respuesta positiva a las aplicaciones de fósforo junto con la mezcla de inoculantes usados. En los dos experimentos no se encontró respuesta significativa con el uso de la mezcla de inoculantes relacionados con los elementos limitantes del suelo comparado con los testigos.

I INTRODUCCION

Las leguminosas se encuentran entre los cultivos más importantes del mundo, debido a que suministran alimento para el hombre (granos) y a los animales (forrajes) y permiten la economía del nitrógeno del suelo, ya que la mineralización de los residuos constituye un aporte de nitrógeno que necesitan del abundante nitrógeno gaseoso del aire, el cual es fijado y reducido hasta amoníaco (NH_3) gracias a una enzima localizada en el interior de los rizobios llamada Nitrogenasa (Sylvester *et al.*, 1987).

Las bacterias de los géneros *Rhizobium* se caracterizan por su capacidad para infectar las raíces de las leguminosas dando lugar a unas estructuras llamadas nódulos (Buendía *et al.*, 1990). Son bastones de 0.5-0.9 μm ; pero se tornan pleomórficos en ciertas condiciones de crecimiento. Son bacterias móviles aeróbicas, gram negativas y no forman esporas. La temperatura y pH óptimo para su crecimiento varían entre 25 y 30 °C y 6 y 7, respectivamente, aunque existen cepas adaptadas a condiciones más extremas (Sylvester *et al.*, 1987).

En nuestro país uno de los cultivos de mayor consumo en la dieta alimenticia debido a su gran contenido proteico, es el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) (Profrijol, 1992). El cultivo de esta leguminosa es una actividad generalizada de pequeños y medianos productores, los cuales representan en nuestro país alrededor del 95 por ciento de la tenencia de la tierra. El rendimiento promedio nacional es de 516 kg/ha (Tapia & Camacho, 1988) citados por Amaya & Cruz (1993).

Debido a estas razones es necesaria la búsqueda de alternativas tendientes a incrementar la productividad del frijol mediante nuevas formas de fertilización; como la biológica a través de bacterias del genero *Rhizobium* (Profrijol, 1992). La inoculación con cepas efectivas de *Rhizobium leguminosarum* vendría a traer beneficios directos e indirectos en la producción. Los beneficios directos que se obtienen de esta práctica permiten a los productores bajar los costos, elevar los rendimientos y productividad del

cultivo hasta en un 15 por ciento mayor que la de plantas a las que se les ha suministrado 50 kg/ha de N (FAO, 1985). Entre los beneficios indirectos están los de mantener o mejorar las propiedades químicas y físicas del suelo.

Sin embargo, según Trigo & Fassbender (1973), la información sobre la contribución de las leguminosas en la economía del nitrógeno en el sistema suelo planta es escasa, especialmente en condiciones tropicales y depende del tipo de leguminosa, de las condiciones del suelo y de la eficiencia fijadora del *Rhizobium*.

La nutrición mineral según Bergensen (1980), tiene un importante efecto en la cantidad de N₂ fijado por la leguminosa debido a la dependencia del proceso de fijación de los procesos de producción de energía, transporte de electrones y sustratos de la planta hospedera. Dentro de los elementos nutritivos el Ca, Mg, P, Mo, B y otros micronutrientes, son limitantes de la fijación en muchos suelos de áreas tropicales (Trigo & Fassbender, 1973).

El ion Ca⁺² parece jugar un papel específico y práctico en la formación del nódulo y la fijación del nitrógeno atmosférico (Molina, 1969). El elemento tiene un efecto mayor en aumentar el número de nódulos que sobre el peso seco y el nitrógeno total de la planta de frijol (Ruschel *et al.*, 1975).

Por otro lado las leguminosas requieren relativamente, grandes cantidades de fósforo y éste tiene influencia en la fijación simbiótica del nitrógeno. El fósforo es importante también en relación con las primeras fases infectivas de la nodulación, en este caso el efecto se ejerce directamente sobre la bacteria y no sobre la planta hospedante (Graham, 1981).

Otro elemento de no menor importancia es el cobre. Su deficiencia resulta en el desarrollo de numerosos nódulos pequeños típicos, similares a los asociados con cepas completamente inefectivas, pero la función específica no se conoce (FAO, 1985).

Igualmente las deficiencias de zinc, según Demetrio *et al.* (1972), reducen número y tamaño de los nódulos e interviene en la síntesis de leghemoglobina.

Sin embargo, y a pesar de todas las limitantes expuestas, los resultados hasta ahora obtenidos (1992) en Centro América y Cuba han demostrado que la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) es una estrategia viable para incrementar la producción, además de bajo costo, contribuye a la sostenibilidad de la producción de los cultivos (Profrijol, 1992).

Es por estas razones y considerando que la inoculación y fertilización al cultivo del frijol puede ser un camino conveniente, positivo y económico para elevar la productividad en la I y IV región (Estelí y Nandaime), se decidió llevar a cabo los presentes trabajos en localidades diferentes con los objetivos de:

1. Comparar a nivel de finca la tecnología de la inoculación con cepas seleccionadas y combinaciones cepa-cultivo con la tecnología tradicional.
2. Determinar a nivel de finca el efecto del P, Ca, Cu y Zn como factores limitantes en la tecnología de la inoculación.

II MATERIALES Y METODOS

2.1 Descripción de los ensayos

2.1.1 Ubicación y clima

Los ensayos se llevaron a cabo en las localidades de San Diego (Nandaime) y San Lorenzo (La Trinidad, Estelí), ubicados a 11° 43' latitud norte, 86° 02' longitud oeste, con una elevación de 95 msnm y a 10° 35' latitud norte, 85° 59' longitud oeste y una elevación de 530 msnm, respectivamente. La temperatura promedio anual para la primera localidad fue de 26.6 °C así como la precipitación durante la época lluviosa que fue de 150.7 mm. En la segunda localidad la temperatura promedio anual y la precipitación igualmente durante la época lluviosa fue de 29.8 °C y 123.5 mm, respectivamente (INETER, 1994).

El suelo de la localidad de San Diego corresponde al orden Molisol, perteneciente a la serie Santa Teresa (ST). Posee una textura arcillo limoso, con un relieve ondulado y su pendiente es moderada (4 por ciento). Para la localidad de San Lorenzo el suelo donde se estableció el experimento es aluvial, identificado en el levantamiento nacional de Catastro como Tx, llamadas tierras aluviales conformadas de diversos sedimentos depositados recientemente. Este suelo se clasificó como Fluvenic eutropept.

Algunas características químicas de ambos suelos se exponen en la Tabla 1.

Tabla 1. Algunas características químicas de los suelos de San Diego (Nandaime) y San Lorenzo (La Trinidad, Estelí) Nicaragua (1994)

Localidad	pH	cmol(+)/l					mg/l					
	H ₂ O	Ca	Mg	K	acidez	CICE	P	Cu	Fe	Mn	Zn	M.O. ‡
San Diego	5.9 M	15.2 M	6.1 A	1.23 A	0.10 B	22.63 M	13.0 M	23.9 A	162 A	225.0 A	6.21 A	5.78
San Lorenzo	6.9 M	18.6 M	6.6 A	1.40 A	0.10 B	26.70 A	42.0 A	6.5 M	34 M	22.7 M	1.30 B	1.63

Clave: A: alto, M: medio, B: bajo.

Fuente: (C.I.A) Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica (1994).

Los lugares donde se establecieron los ensayos no habían sido sembrados por un período de un año, encontrándose estos en estado de barbecho. Para la localidad de San Diego el ensayo fue sembrado el 30 de Septiembre de 1994 y cosechado el 14 de Diciembre de 1994 y para la localidad de San Lorenzo la siembra se realizó el 20 de Septiembre de 1994 y la cosecha el 8 de Diciembre de 1994.

El comportamiento de la precipitación acumulada mensual durante los experimentos se muestran en la Figura 1.

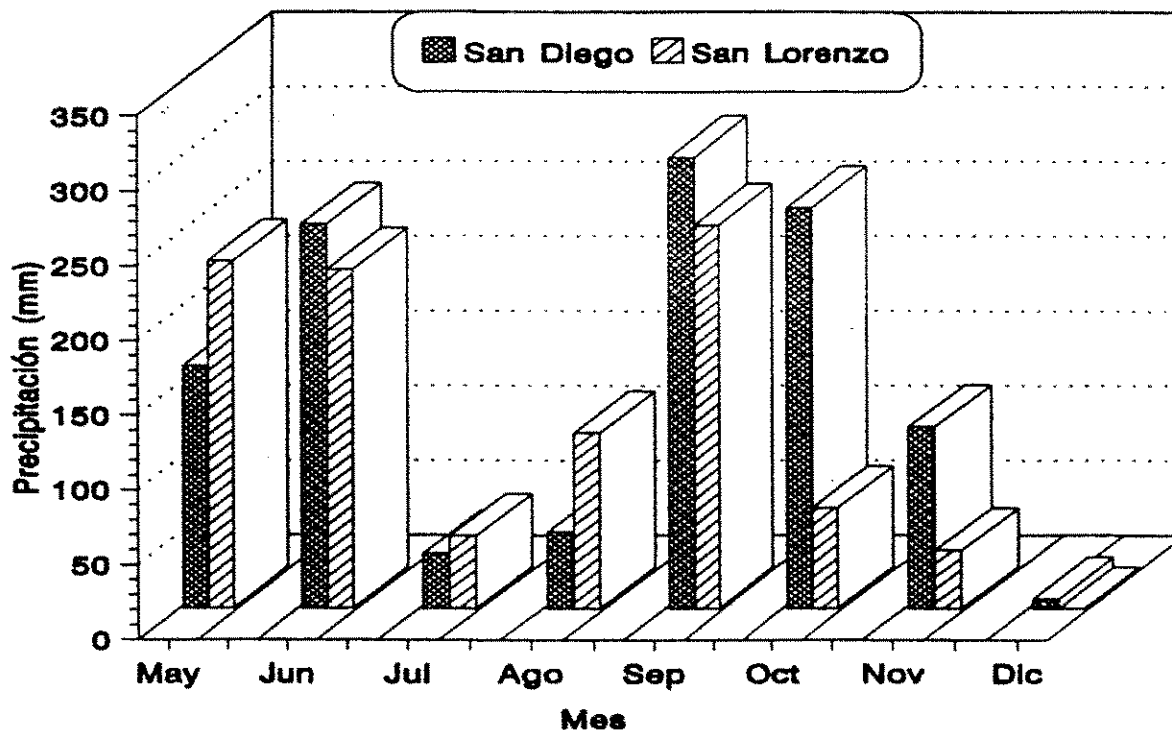


Figura 1. Precipitación acumulada mensual durante los meses de Mayo a Diciembre de 1994 en las localidades de San Diego y San Lorenzo.

2.2 Diseño experimental

La distribución de los tratamientos se efectuó en un bifactorial propiamente dicho, arreglados en un diseño de bloques completos al azar (B.C.A), con cinco repeticiones. El factor principal en estudio le correspondió a las variedades y el factor secundario se le atribuyó a las cepas en estudio. Cada repetición constaba de doce tratamientos que consistían en aplicar a dos variedades (una mejorada recomendada, usada en ambas localidades y una variedad usada en los últimos años por el agricultor), seis tipos de fertilización. La variedad mejorada recomendada fue DOR-364 y las variedades del

agricultor fueron REVOLUCION-84 (en la localidad de San Diego) y ESTELI-90B (en la localidad de San Lorenzo) bajo condiciones de manejo adecuado de elementos limitantes de acuerdo a los análisis del suelo. Para San Diego se consideraron como elemento limitante el calcio (factor A) y fósforo (factor B) y para San Lorenzo los elementos limitantes fueron el cobre (factor A) y el zinc (factor B).

Los tipos de fertilización fueron los siguientes:

1. Alto nitrógeno (50 kg/ha), testigo.
2. Bajo nitrógeno (20 kg/ha), testigo.
3. Inoculación sin corrección de los elementos limitantes.
4. Inoculación y corrección del factor A (+A,-B).
5. Inoculación y corrección del factor B (-A,+B).
6. Inoculación y corrección de ambos factores (+A,+B).

Se inocularon los tratamientos del 3 al 6, utilizando una mezcla de tres cepas seleccionadas por su infectividad y efectividad (CIAT-613, CR-477 y KIM-5), procedentes del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica (C.I.A). En la Tabla 2 aparece indicado el origen de las cepas de *Rhizobium* usadas en este experimento.

Tabla 2. Origen de las cepas de *Rhizobium Phaseoli* usadas en este estudio.

Código	Procedencia	Origen
CIAT-613	UCR	Colombia
CR-477	UCR	Costa Rica
KIM 5	UP	Panamá

Clave: UCR: Universidad de Costa Rica, UP: Universidad de Panamá.

Fuente: Viteri *et al.*, 1992.

La descripción de los tratamientos para los dos ensayos aparecen en el Tabla 3.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos para los ensayos San Diego (Nandaime) y San Lorenzo (Estelí) Nicaragua (1994)

Localidad	Tratamiento	Inoculación	Fertilizado	Fertilizante	Dosis (kg/ha)
San Diego	Alto N	NO	SI	Urea al 46 %	50
	Bajo N	NO	SI	Urea al 46 %	20
	M (+A,+B)	SI	SI		
	M (+A,-B)	SI	SI	CaCO ₃	250
	M (-A,+B)	SI	SI	SFT	80
	M (-A,-B)	SI	NO		
San Lorenzo	Alto N	NO	SI	Urea al 46 %	50
	Bajo N	NO	SI	Urea al 46 %	20
	M (+A,+B)	SI	SI		
	M (+A,-B)	SI	SI	CuSO ₄ 5H ₂ O	5 (2.5 ppm)
	M (-A,+B)	SI	SI	ZnSO ₄	4 (2.0 ppm)
	M (-A,-B)	SI	NO		

2.3 Area experimental

Para ambas localidades cada parcela experimental presentó las siguientes dimensiones: 4 m de largo por 2.4 m de ancho obteniéndose un área sembrada por parcela de 9.6 m²; dejándose entre parcela 1 m sin sembrar para evitar contaminaciones.

La parcela experimental constaba de una parcela útil con un área de 4.8 m² para calcular todas las variables evaluadas. El área total de cada ensayo fue de 710 m².

2.4 Manejo de los ensayos

La preparación del suelo se efectuó de manera mecanizada siguiendo el sistema de labranza convencional (arado, grada, banqueada y surqueada). La distancia de siembra utilizada fue de 0.1 m entre plantas y 0.4 m entre surcos; para obtener una densidad poblacional de 250 000 plantas/ha.

La inoculación fue realizada en el campo directamente a la semilla antes de la siembra agregándole el inoculante según recomendaciones del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica (C.I.A). El inoculante consistió de una mezcla de tres cepas (CIAT-613, CR-477 y KIM-5) usando como transportador turba, a razón 1 kg de inoculante por 50 kg de semilla.

Anterior a la siembra se desinfectó el suelo con carbofurán (Furadán 10 % G), lo cual se hizo incorporado al terreno en el momento del rayado a razón de 20 kg/ha.

La siembra fue manual, sembrándose primero las parcelas no inoculadas y luego las inoculadas para evitar riesgos de contaminación. Previo a la siembra se efectuó la fertilización establecida. Para el caso de la localidad de San Lorenzo la fertilización de micronutrientes se hizo asperjada al suelo.

El control de malezas se realizó de forma manual (azadón) cuando las circunstancias lo ameritaron (15, 30 y 45 dds) con el fin de obtener durante todo el ciclo vegetativo del cultivo el área libre de malezas. Cabe destacar que las malezas con mayor grado de infestación en la localidad de San Diego fueron *Euphorbia hypericifolia* F & L. (leche-leche) y *Amaranthus spinosus* L. (bledo). Para la localidad de San Lorenzo se le atribuyó la mayor incidencia a *Melampodium divaricatum* (L.C. Rhichard) D.C. (flor amarilla), aunque ambas situaciones no representaron afectación notoria para el cultivo, por lo que no se realizó otro control más que el manual. Los momentos de control de malezas se hicieron de forma similar a la localidad anterior (a los 15, 30 y 45 dds).

La incidencia de plagas y enfermedades tanto para la primera localidad (San Diego), como para la segunda localidad (San Lorenzo) no ameritaron control, ya que los niveles de infestación e infección fueron mínimos.

La cosecha se realizó de forma manual, se arrancaron las plantas de frijol, se secaron en el campo por espacio de ocho días para posteriormente proceder al desgrane mediante golpes con una vara llamado aporreo o vareo.

2.5 Variables medidas

Los momentos de muestreo para determinar las distintas variables medidas se realizaron en la etapa de floración (R6) y la etapa de maduración del grano (R9) del cultivo.

Las plantas (5) tomadas para la observación de la nodulación se tomaron al azar de los cuatro surcos centrales de la parcela experimental. Las plantas se sacaron del suelo cuidadosamente con un palín con el propósito de obtener la mayor cantidad posible de su sistema radical, junto con los nódulos.

Por cada cinco plantas extraídas se midieron las siguientes variables:

2.5.1 Número de nódulos

Las cinco plantas con su sistema radicular fueron cuidadosamente extraídas al azar durante la época de floración del cultivo, sumergiéndolas posteriormente en una cubeta con agua limpia con el fin de obtener los nódulos limpios. Seguidamente se procedió a la separación de los nódulos de las raíces, depositados en un plato petri para ser trasladados al laboratorio donde se realizó el conteo de los mismos para cada tratamiento.

2.5.2 Peso seco de los nódulos

Para la determinación de esta variable se procedió al secado de los nódulos en el laboratorio a 60 °C por 72 horas, procediéndose al pesao de los mismos en una balanza analítica de alta precisión.

2.5.3 Peso seco del área foliar

Las cinco plantas extraídas por cada tratamiento (a las que se les extrajo los nódulos) fueron empacadas en bolsas de papel kraft para ser secadas al horno a 65 °C por un período de tres días y posteriormente se les determinó el peso seco.

2.5.4 Rendimiento y sus componentes

Estas variables fueron evaluadas al momento de la cosecha de acuerdo al procedimiento usado para tal caso. Las variables tomadas se concentraron en el peso de mil granos y rendimiento en kilogramos por hectárea.

III RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos durante la realización de los experimentos se presentan en tablas y figuras. Los datos se procesaron usando ANDEVA y se utilizó la prueba de rangos múltiples de DUNCAN ($P \leq 0.05$).

3.1 EXPERIMENTO EN SAN DIEGO (NANDAIME)

3.1.1 Nodulación (número y peso seco de nódulos)

Los resultados de análisis estadístico para la nodulación se presentan en la Tabla 4. En el factor variedad no existe diferencia significativa tanto en el número como en el peso seco de nódulos. Sin embargo, la variedad DOR-364 fue superior en nodulación comparada con la variedad REVOLUCION-84.

En el factor fertilización al aplicar la prueba de DUNCAN no se encontró diferencias significativas. No obstante, el tratamiento de alta dosis de nitrógeno (sin inocular) resultó con valores mayores en número y peso seco de nódulos (Tabla 4). De los tratamientos inoculados a nivel general el mayor número y peso seco de nódulos le correspondió al tratamiento en el que se tomaron en cuenta los nutrientes carentes del suelo donde se estableció el ensayo. Esto muestra que tanto el calcio como el fósforo revelaron su

efecto positivo en aumentar el número y peso seco de nódulos, aunque sus valores no superaron al tratamiento en el cual se usó alta dosificación de nitrógeno.

Todos los tratamientos inoculados consistieron en el uso de una mezcla de bacterias (CIAT-613, KIM-5 y CR-477) en ambas variedades tomando en cuenta los factores limitantes del suelo. Los resultados en la interacción variedad-fuente de nitrógeno resultó significativa, siendo la mejor interacción DOR-364 con alto nitrógeno y sin inocular donde el número y peso de nódulos fueron superiores. El tratamiento que ocupó el segundo lugar para el número de nódulos le correspondió a la interacción de la variedad REVOLUCION-84 con adición del factor A (calcio) y para el peso seco de nódulos éste lugar fue ocupado por la variedad introducida con la corrección del nutriente carente B (fósforo). El menor número y peso de nódulos se le atribuyó a la interacción de la variedad REVOLUCION-84 bajo condiciones de alta dosis de nitrógeno (sin inocular), lo que se muestra también reflejado en su respuesta como variedad, en comparación con la variedad DOR-364. Fertilizantes nitrogenados pueden adversamente afectar la nodulación en leguminosas (Jenkins & Bottomley, 1984).

La evaluación de la nodulación resulta ser limitada principalmente cuando influyen algunos factores en la medida de éste parámetro, es decir que la determinación del número de nódulos no es una variable de mucha confiabilidad. Un factor que influye en esto es la compactación del suelo o una humedad deficiente al momento de hacer la extracción de la planta. La compactación puede ser una restricción severa en la

formación de nódulos debido a la aireación pobre en la zona radicular lo cual limita la fijación de nitrógeno (Galomo, 1978). Dentro del ambiente físico, la humedad del suelo influye sobre la formación de nódulos (Day *et al.*, 1978).

3.1.2 Materia seca de la parte aérea

Entre variedades en cuanto a la producción de materia seca no se encontró respuesta significativa, obteniéndose prácticamente igual masa (95 g) en las plantas evaluadas.

En el factor fertilización se encontró diferencia significativa, habiéndose obtenido la mayor cantidad de materia seca en el tratamiento sin inocular y con alto nitrógeno, lo cual se encuentra relacionado con la producción de nódulos. De los tratamientos inoculados los mejores resultados se obtuvieron cuando al inoculante se le aplicó junto con el fósforo. Se debe indicar que el fósforo es importante para la fijación de nitrógeno, ya que interviene en la producción de proteínas, en el desarrollo de raíces y de la parte aérea (Vidor & Freire, 1972), y en el proceso de nodulación (Galomo, 1978). La menor producción de materia seca se obtuvo en el tratamiento en que se aplicó solamente calcio e inoculado (Tabla 4). Ruschel *et al.* (1975), afirman que éste elemento tiene un efecto mayor en aumentar el número de nódulos que sobre el peso seco de la planta de frijol. Vidor & Freire (1972), establece que la función del calcio está relacionada con la división

celular de las raíces lo cual es necesario para la formación del nódulo. Esto significa que posiblemente no sea notable el efecto del calcio sobre la vigorosidad de la planta.

En el factor interacción se encontró respuesta significativa en la producción de materia seca, habiéndose obtenido los mayores rendimientos en los tratamientos en que se aplicó alta dosis de nitrógeno y sin inocular en ambas variedades, superando significativamente en este caso la variedad REVOLUCION-84 (Figura 2). Las dos variedades tratadas con bajo nitrógeno y sin inocular resultaron con valores superiores a los tratamientos inoculados y significantes en algunos casos. Esto significa que las cepas nativas de *Rhizobium* probablemente establecieron mejor simbiosis con las variedades de frijol evaluadas en éste ensayo y que aportaron más nitrógeno proveniente de la atmósfera que las cepas probadas. Cautle *et al.* (1981) establece que la presencia de *Rhizobium* nativos en el suelo tendrán ventaja sobre los *Rhizobium* introducidos ya que los primeros están adaptados a las condiciones ambientales. Es de señalar que en los tratamientos inoculados y en los cuales se tomó en cuenta la deficiencia del nutriente fósforo se logró la mayor producción de materia seca comparado con los demás tratamientos inoculados para ambas variedades, pero con resultados inferiores en el caso en que se aplicó baja dosis de nitrógeno y sin inocular (Figura 2). Similares resultados obtuvo Saito & Ruschel (1978), quienes usando fertilización fosfórica y calcio incrementaron el rendimiento de materia seca. La respuesta de las leguminosas mediante la inoculación con *Rhizobium* es sumamente variable debido a que las poblaciones de *Rhizobium* en el suelo varían. Los elementos que comúnmente son

necesarios para la fijación de nitrógeno son: P, K, y Ca en la planta hospedera y P, Ca y Mo para la nodulación y fijación de nitrógeno por *Rhizobium*. Otros micronutrientes son necesarios pero comúnmente en menor escala (Galomo, 1978).

3.1.3 Peso de mil granos

En el análisis del peso de mil granos de frijol se encontró diferencia altamente significativa entre las variedades, resultando la variedad DOR-364 significativamente con mayor peso, comparada con la variedad REVOLUCION-84. El tamaño de grano de la variedad DOR-364 es mayor con respecto a la variedad REVOLUCION-84. Según Tapia (1987), el peso promedio de la variedad REVOLUCION-84 es de 159 gramos al 14 por ciento de humedad. En este experimento el peso promedio obtenido de los mil granos fue de 182 gramos.

En el análisis de los resultados obtenidos entre las fertilizaciones no se encontró diferencia significativa. Sin embargo, puede notarse que en los tratamientos inoculados y en los cuales se tomó en cuenta los factores limitantes del suelo resultaron con valores positivos comparados con los tratamientos sin inocular, lo que significa que tanto el fósforo como el calcio posiblemente influyeron en el peso del grano. El menor valor fue obtenido en el tratamiento en que solamente se aplicó la mezcla de inoculantes, mientras que los tratamientos con bajo y alto nitrógeno presentaron valores similares pero mayores

que el tratamiento señalado anteriormente, demostrando con esto que la fertilización influyó positivamente en el peso del frijol.

Con respecto a la interacción variedad-fertilización, la variedad REVOLUCION-84 no presentó diferencia significativa entre los diferentes tratamientos. Mientras que la variedad DOR-364 presentó diferencias significativas y con resultados muy significativos comparados con la variedad REVOLUCION-84, tal a como se muestra en el análisis entre variedades (Tabla 4). La variedad DOR-364 inoculada y fertilizada con fósforo obtuvo el mayor peso en los mil granos de frijol, mientras que la variedad REVOLUCION-84 con alto nitrógeno presentó los más bajos valores.

3.1.4 Rendimiento de grano

En el factor variedad se observó comportamiento significativo logrando mayor rendimiento la variedad introducida DOR-364 con un rendimiento de 1 262.5 kg/ha, mientras que la variedad REVOLUCION-84 presentó menor rendimiento (980 kg/ha).

En el factor fertilización existió interacción significativa, habiéndose obtenido el mayor rendimiento en el tratamiento con alto nitrógeno y sin inocular. Este tratamiento se encuentra directamente relacionado con la producción de materia seca (Figura 2), así como con el número y peso seco de nódulos, donde los resultados fueron mayores con dicho tratamiento. Al comparar los tratamientos inoculados el que presentó menor

rendimiento fue cuando se usó la mezcla de inoculantes con calcio (932.7 kg/ha). Se puede observar que el rendimiento de éste tratamiento se encuentra directamente relacionado con la producción baja de materia seca en el experimento (Figura 2). Los tratamientos en los cuales se usó el calcio y fósforo junto con la mezcla de inoculantes resultó con valores mayores dentro de los tratamientos inoculados. Hanson (1984), señala que se ha encontrado que el fósforo estimula la formación de nódulos y la actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno lo que repercute en el rendimiento.

En la interacción variedades-fertilización se observó interacción significativa para la variable rendimiento de grano. Las dos variedades en estudio presentaron los mayores rendimientos con el tratamiento alto nitrógeno y sin inocular, habiéndose obtenido el mayor rendimiento con la variedad introducida DOR-364 y éste tratamiento (1 535.5 kg/ha). Las dos variedades en las que se les aplicó bajo nitrógeno y sin inoculante resultaron con valores positivos en el rendimiento de grano comparado con los tratamientos en que se aplicó a ambos la mezcla de inoculantes, aún tomando en cuenta los factores limitantes del suelo, como es el calcio y el fósforo. Contreras (1988), en un estudio en que se evaluó cuatro cepas de *Rhizobium phaseoli* en dos variedades de frijol a diferentes dosis de nitrógeno encontró que en la dosis de 25 kg/ha de N se estimuló el desarrollo de nódulos con la cepa nativa resultando con los mayores rendimientos de grano. De forma similar Brill (1980), establece que la fijación biológica del nitrógeno durante la simbiosis leguminosa-Rhizobia ocurre solamente cuando hay insuficiente nitrógeno en el suelo. De acuerdo a estos resultados se puede afirmar que las cepas

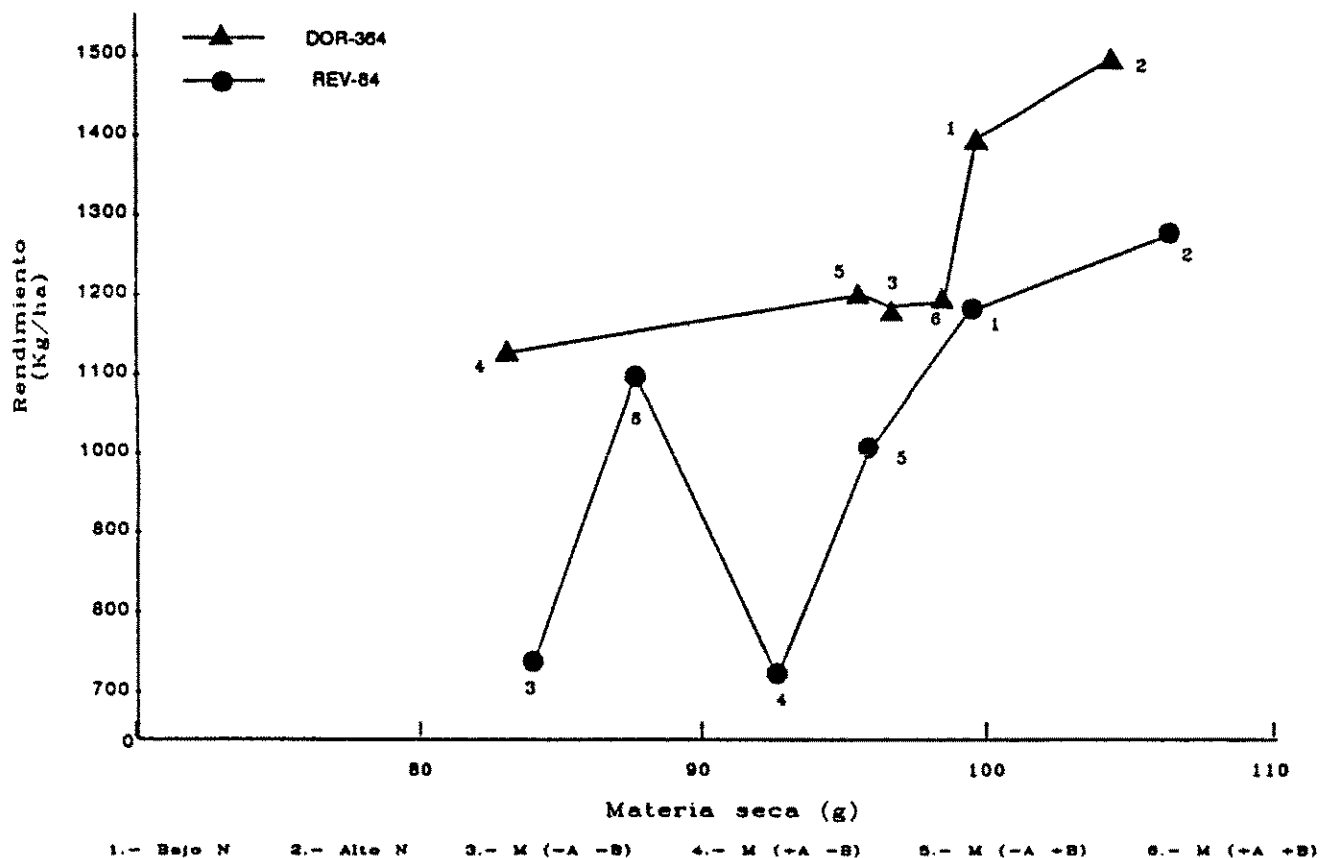


Figura 2. Relación del rendimiento de frijol con la producción de materia seca en las dos variedades evaluadas en San Diego.

introducidas al suelo no establecieron la suficiente simbiosis con las variedades de frijol estudiadas. Algunos investigadores (Chacon, 1961; Iglesias 1962 y Quirce 1960) explican que en experimentos realizados en Costa Rica demuestran que la inoculación de semillas de frijol con bacterias fijadoras es ineficaz; más aún, en muchos de los casos la adición de fertilizantes nitrogenados y de inóculo tienden a disminuir el número de nódulos en las raíces de la planta.

Tabla 4. Resultados obtenidos en la localidad de San Diego (Nandaime)
Nic. (1994)

Factor	Número nódulos (R6)	Peso seco nódulos (R6) (mg)	Materia seca parte aérea (R6) (g)	Peso mil granos (R9) (g)	Rendimiento grano R9 (kg/ha)
Variedad					
REV-84	53.1 a	281.3 a	95.1 a	182.0 b	980.3 b
DOR-364	60.5 a	337.7 a	95.7 a	204.0 a	1262.5 a
ANDEVA	NS	NS	NS	S **	S
Fertilización					
Bajo N	50.0 a	242.6 a	98.7 ab	192.4 a	1258.3 ab
Alto N	64.0 a	366.4 a	104.7 a	192.0 a	1414.1 a
Mezcla (-A,-B)	50.2 a	273.2 a	91.4 b	190.6 a	980.4 c
Mezcla (+A,-B)	57.5 a	259.3 a	90.3 b	195.8 a	932.7 c
Mezcla (-A,+B)	58.1 a	360.8 a	95.7 ab	193.3 a	1017.2 c
Mezcla (+A,+B)	60.9 a	362.7 a	91.6 b	193.6 a	1125.8 bc
ANDEVA	NS	NS	S	NS	S
Variedad/Fert.					
REV-84/Bajo N	52.8 ab	241.3 b	98.0 ab	182.8 f	1112.2 b i
REV-84/Alto N	37.0 b	222.2 b	107.2 a	178.0 f	1292.6 a c
REV-84/M(-A,-B)	51.2 ab	242.9 b	87.8 b	179.6 f	788.8 hi
REV-84/M(+A,-B)	74.8 ab	294.6 ab	93.8 ab	188.6 f	750.6 i
REV-84/M(-A,+B)	47.2 b	326.9 ab	95.0 ab	178.8 f	861.9 d i
REV-84/M(+A,+B)	55.6 ab	379.3 ab	89.1 b	183.7 f	1075.6 c i
DOR-364/Bajo N	47.2 b	244.0 b	99.3 ab	202.0 a e	1404.5 ab
DOR-364/Alto N	91.0 a	510.6 a	102.3 ab	206.0 ab	1535.5 a
DOR-364/M(-A,-B)	49.2 b	303.5 ab	94.9 ab	201.6 a f	1171.9 b f
DOR-364/M(+A,-B)	40.2 b	224.0 b	86.9 b	203.0 a d	1114.7 b g
DOR-364/M(-A,+B)	69.0 ab	394.7 ab	96.4 ab	207.8 a	1172.5 b e
DOR-364/M(+A,+B)	66.2 ab	349.4 ab	94.2 ab	203.6 a c	1175.9 b d
% C.V	47.38	53.46	11.59	4.32	20.92
ANDEVA	S	S	S	S	S

*,** y NS significativo al nivel de $P \leq 0.05$ y no significativo, respectivamente

Clave: R6: Etapa de floración; R9: Etapa de maduración del grano.

Los datos en el número de nódulos, peso seco de los nódulos y acumulación de materia seca de la parte aérea corresponden a muestras de 5 plantas.

3.2 EXPERIMENTO EN SAN LORENZO (ESTELI)

En la localidad de San Lorenzo se llevó a cabo el mismo experimento igual al realizado en San Diego. En este experimento se usó la variedad ESTELI-90B comparada con la variedad mejorada DOR-364 que fue la variedad común en los dos experimentos. Mientras en San Diego los factores limitantes tomados en cuenta fueron el calcio y el fósforo, en San Lorenzo fueron el cobre y el zinc. Los resultados de este experimento se presentan en la Tabla 5. A continuación se presenta el análisis de los resultados y discusión de las variables evaluadas.

3.2.1 Nodulación (número y peso seco de nódulos)

Con respecto al factor variedad se encontró diferencia significativa en el número de nódulos, no así en el peso de los mismos. La variedad ESTELI-90B resultó con un número de nódulos significativamente mayor que la variedad mejorada DOR-364, siguiendo una tendencia positiva en el peso de nódulos en la cual resultó mayor esta variedad.

En el factor fertilización los resultados del análisis de varianza sobre la nodulación nos indican que existe diferencia significativa. Al aplicar la prueba de DUNCAN nos indica que los tratamientos alto nitrógeno (sin inocular) y mezcla de inoculantes produjeron el mayor número de nódulos. Mientras que el mayor peso de nódulos se obtuvo solamente en el tratamiento con uso de la mezcla de inoculantes y sin adición de los elementos limitantes del suelo, coincidiendo esto con el número de nódulos obtenidos en este ensayo.

En el análisis de la interacción variedad-fertilización, en la Tabla 5, nos indica que se encontró diferencia significativa de acuerdo al análisis de varianza. De acuerdo en la

prueba de DUNCAN se muestra que la mejor interacción sobre el número de nódulos se alcanzó con la variedad ESTELI-90B inoculada con la mezcla de cepas junto con el cobre. Coincidiendo esto con lo expuesto por Vidor & Freire (1983), que señalan la importancia del cobre para el crecimiento y actividad de la bacteria. Por otro lado, el mayor peso de nódulos se obtuvo con esta misma variedad pero bajo condiciones de inoculación solamente.

Las respuestas por las leguminosas a la inoculación con *Rhizobiumes* sumamente variable, primordialmente porque las poblaciones de *Rhizobium* alrededor del suelo están variando. Como se puede observar en los resultados la variedad local ESTELI-90B resultó mayor en los parámetros de nodulación. Se debe tener en cuenta que la variedad DOR-364 es una leguminosa nueva en esta zona. Conocido es que las bacterias de las leguminosas son selectivas para las plantas en las que formarán nódulos. Algunas cepas de bacterias podrán formar nódulos en diferentes tipos de leguminosas pero no infectaran las leguminosas de otro grupo (Galomo, 1978).

3.2.2 Materia seca de la parte aérea

Los resultados del análisis de varianza para el peso de la planta muestran que existe diferencia significativa tanto para factor fertilización como para la interacción variedad-fertilización. Para el factor variedad no hubo significancia.

Al aplicar la prueba de DUNCAN para el factor fertilización nos indica que el tratamiento con alto nitrógeno (sin inocular) resultó mejor con un peso de 113.2 g de materia seca por cada 5 plantas.

En la interacción variedad-fertilización, el mejor resultado se obtuvo con la variedad ESTELI-90B tratada con alto nitrógeno, mientras que la variedad DOR-364 relativamente no presentó significancia entre los tratamientos inoculados aún tomando en cuenta los

factores limitantes del suelo. Sin embargo, esta variedad presentó el más alto valor de materia seca tratada con bajo nitrógeno.

Del análisis de varianza de peso seco de la planta se puede observar que los mayores pesos de materia seca se obtuvieron en los tratamientos tanto con bajo como con alto nitrógeno para ambas variedades. Por otro lado, los tratamientos inoculados en ambas variedades resultaron con valores más bajos, excepto el tratamiento inoculado ESTELI-90B (-A,+B) que resultó mayor dentro de la variedad. Relativamente la aplicación de micronutrientes no presentó ningún efecto sobre la producción de materia seca en ambas variedades, resultando en alguno de los casos con valores negativos comparados con los demás tratamientos que no llevaban estos micronutrientes.

3.2.3 Peso de mil granos

El peso de mil granos de frijol por variedad, por fertilización y por interacción variedad-fertilización son dados en la Tabla 5.

El análisis estadístico realizado no detectó diferencias significativas para el factor variedad, obteniéndose casi igual peso de mil granos en las dos variedades evaluadas.

Igual tendencia mostró el factor fertilización, donde la prueba de DUNCAN al 5 por ciento no encontró diferencias significativas entre los diversos tratamientos. Sin embargo el mayor peso de mil granos le correspondió a los tratamientos bajo condiciones de alta y baja dosis de nitrógeno y sin inocular (Tabla 5). De los tratamientos inoculados el menor rendimiento le correspondió al tratamiento con adición del elemento limitante cobre. Los demás tratamientos inoculados presentaron valores casi similares y ninguno superó a los tratamientos sin inocular.

Por otra parte existió interacción significativa entre variedad y el tipo de fertilización, encontrándose un mayor peso de grano en el tratamiento de la variedad

mejorada DOR-364 en condiciones de baja dosis nitrógeno y sin inocular (222.6 g), seguido de la variedad ESTELI-90B con el tratamiento alto nitrógeno y sin inocular. Es importante mencionar que las dos variedades en las que se les aplicó bajo nitrógeno y sin inoculante como tratamiento mostraron valores positivos en el rendimiento del grano en alguno de los casos, comparado con los tratamientos inoculados y aún corrigiendo las limitantes nutritivas del suelo, mostrándose igual tendencia con los resultados del ensayo anterior (San Diego) en que las cepas introducidas de acuerdo a los resultados no establecieron la suficiente relación simbiótica para poder aumentar los valores de peso de mil granos de semilla.

3.2.4 Rendimiento de grano

Los resultados del análisis de varianza para el rendimiento en este experimento muestran que existe diferencia significativa para el factor variedad, para el factor fertilización y la interacción variedad-fertilización. Al aplicar la prueba de DUNCAN al 5 por ciento entre las variedades nos indican que la variedad mejorada DOR-364 produjo mayor cantidad de grano (1 234 kg/ha).

Para el análisis del factor fertilización la misma prueba nos indica que el mayor rendimiento se obtuvo cuando se aplicó alto nitrógeno. Por el contrario, el menor rendimiento se obtuvo en el tratamiento en que se aplicó la mezcla de inoculantes con el micronutriente zinc. Este bajo rendimiento, probablemente esté relacionado a la fijación de éste elemento por el fósforo que fue aplicado en la fertilización basal en este ensayo.

De acuerdo a los resultados en el factor fertilización, los tratamientos inoculados presentaron diferencias significativas negativas con respecto a los sin inocular. El efecto estadísticamente negativo a nivel general del experimento puede ser debido a la inadaptabilidad de las cepas nuevas en esta zona. Como se puede observar en la Tabla 5, los tratamientos donde se aplicó solamente alto nitrógeno resultó muy significativo en

el rendimiento. Tal como se señala en la introducción de éste trabajo la respuesta negativa a la inoculación puede ser debido a que la nodulación natural es adecuada, que el inóculo aplicado no se estableció (por fallas de sobrevivencia en su capacidad colonizadora o por competencia de rizobios en el lugar) o que hay condiciones desfavorables para la formación y funcionamiento de los nódulos (húmedad, temperatura, deficiencia nutricional, nitrógeno combinado).

De acuerdo a la prueba de DUNCAN el análisis nos muestra que con la interacción DOR-alto nitrógeno (sin inocular) se obtuvo el mayor rendimiento, igual que la variedad ESTELI-90B con el mismo tratamiento, mientras que la variedad ESTELI-90B tratada con bajo nitrógeno, mezcla de inoculantes y mezcla de inoculantes incluyendo al elemento zinc como factor limitante del suelo y la variedad DOR-364 inoculada incluyendo el zinc resultaron ser estadísticamente similares al 5 por ciento en rendimiento de grano. Es de señalar que el menor valor obtenido fue con la variedad ESTELI-90B cuando se le trató con inoculantes y el nutriente zinc.

En base a los resultados obtenidos en la interacción variedad-fertilización se puede observar que las dos variedades con los tratamientos en los que solamente se les aplicó nitrógeno se obtuvo mayor rendimiento cuando la dosis de nitrógeno fue alta. En el caso de la variedad ESTELI-90B el rendimiento se encuentra muy relacionado con la producción de materia seca (Figura 3) y con el peso de mil granos. Igual tendencia se puede observar con la variedad DOR-364 aunque el rendimiento de materia seca fue menor que cuando se le aplicó bajo nitrógeno, pero superior comparado con los tratamientos inoculados (Figura 3). Este hecho en el cual el rendimiento del frijol coincide con los mejores rendimientos de materia seca puede ser un índice de eficiencia simbiótica entre las variedades usadas en éste trabajo con la bacteria nativa, pues si se compara a las dos variedades con los diferentes tratamientos inoculados en alguno de los casos estos resultaron ser negativos significativamente. Aún más, en la prueba de los micronutrientes el zinc junto con los inoculantes resultó con los más bajos rendimientos en ambas variedades, lo que muestra que la aplicación de éste elemento resultó

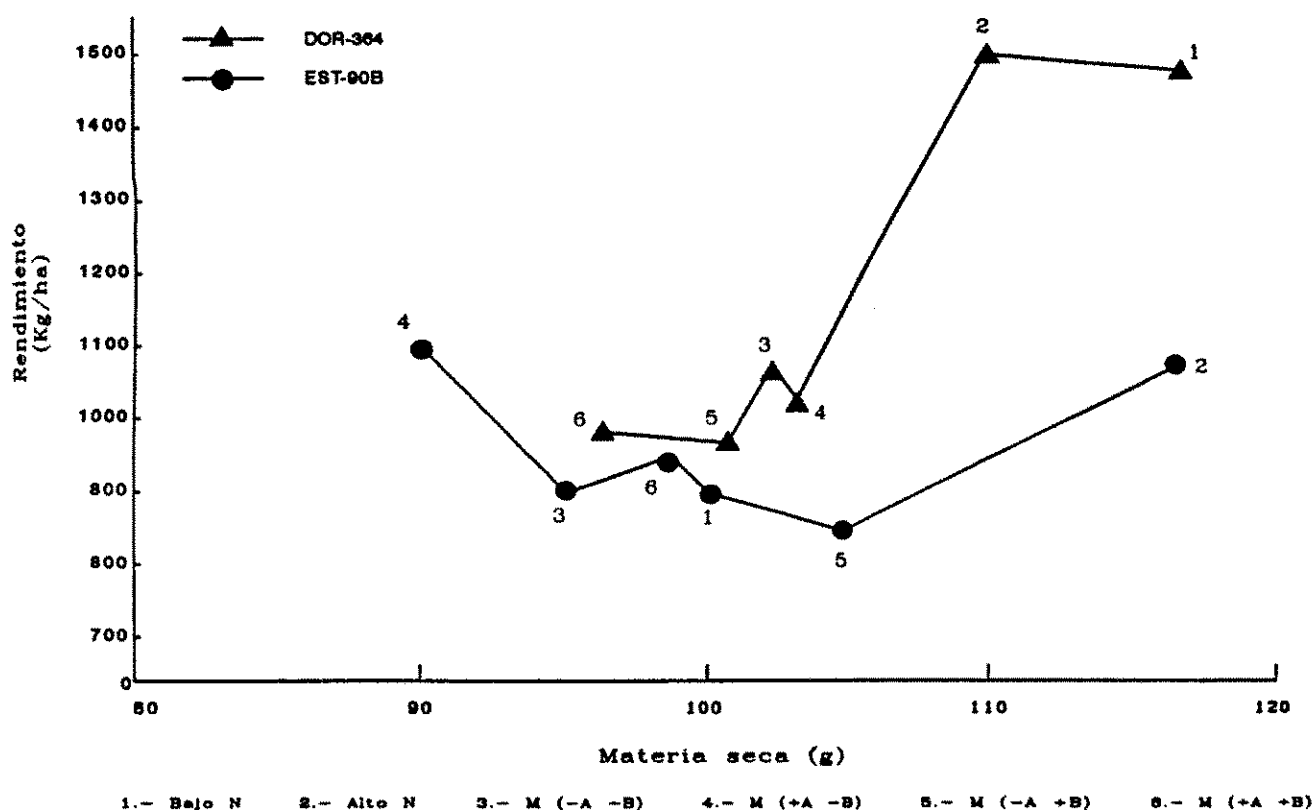


Figura 3. Relación del rendimiento de frijol con la producción de materia seca en las dos variedades evaluadas en San Lorenzo.

negativa, en terminos generales, tal como aparece indicado en el factor fertilización (Tabla 5). Aunque Demetrio *et al.* (1972), dice que la deficiencia de zinc reduce el número y tamaño de los nódulos. La fertilización basal utilizada en este experimento fue super fosfato triple (SFT) a una razón de 80 kg/ha de P_2O_5 . De acuerdo al análisis químico de suelo en zinc se encuentra a un nivel bajo, por lo que se optó subirle la concentración de éste elemento en 2 ppm más. Se debe considerar que el pH de este suelo es neutro (6.9) por lo que la disponibilidad de este elemento se ve afectado de acuerdo a este pH (Sánchez & Salinas, 1981). Horst (1983), dice que las aplicaciones de fósforo a suelos bajos en zinc pueden inducir deficiencia de éste elemento e incrementar el requerimiento de zinc a las plantas.

**Tabla 5. Resultados obtenidos en la localidad de San Lorenzo (Esteli)
Nic. (1994)**

Factor	Número nódulos (R6)	Peso seco nódulos (R6) (mg)	Materia seca parte aérea (R6) (g)	Peso mil granos (R9) (g)	Rendimiento grano (R9) (kg/ha)
Variedad					
EST-90B	71.7 a	200.2 a	100.6 a	203.2 a	991.6 b
DOR-364	54.7 b	189.9 a	104.8 a	206.5 a	1233.9 a
ANDEVA	S	NS	NS	NS	S**
Fertilización					
Bajo N	64.7 a b	189.8 a	107.8 a b	213.3 a	1215.8 a b
Alto N	70.4 a	205.9 a b	113.2 a	213.1 a	1271.0 a ~
Mezcla (-A,-B)	70.3 a	235.9 a	98.0 b c	201.9 a	1051.4 b c
Mezcla (+A,-B)	60.2 a b	188.1 a b	96.5 c	194.8 a	1126.2 a b c
Mezcla (-A,+B)	52.5 b	192.5 a b	102.9 a b c	201.3 a	943.7 c
Mezcla (+A,+B)	61.0 a b	158.3 a b	98.0 b c	204.9 a	1068.2 b c
ANDEVA	S	S	S	NS	S
Variedad/Fert.					
EST-90B/Bajo N	67.8 a e	191.5 a c	99.7 a d	203.9 a b	994.7 c f
EST-90B/Alto N	66.8 a f	178.4 b c	116.2 a	218.5 a b	1053.8 c f
EST-90B/M(-A,-B)	80.8 a b	266.1 a	93.9 c d	204.8 a b	917.9 c f
EST-90B/M(+A,-B)	81.2 a	221.6 a c	90.6 d	186.7 b	1117.3 c e
EST-90B/M(-A,+B)	61.0 a g	184.6 b c	104.4 a d	200.2 b	811.4 f
EST-90B/M(+A,+B)	72.4 a d	159.1 b c	98.7 a d	205.3 a b	1054.7 c f
DOR-364/Bajo N	61.6 a g	188.1 b c	115.8 a b	222.6 a b	1436.9 a b
DOR-364/Alto N	74.0 a d	235.5 a b	110.2 a c	207.8 a b	1488.3 a c
DOR-364/M(-A,-B)	59.8 a g	205.7 a c	102.0 a d	199.0 b	1184.8 a c
DOR-364/M(+A,-B)	39.2 g	154.6 c	102.4 a d	202.9 a b	1135.2 b d
DOR-364/M(-A,+B)	44.0 f g	200.3 a c	101.3 a d	202.4 a b	1076.3 c f
DOR-364/M(+A,+B)	49.6 e g	154.6 c	97.2 b d	204.4 a b	1081.6 c f
% C.V	25.17	25.87	11.70	11.89	18.59
ANDEVA	S	S	S	S	S

*,** y NS significativo al nivel de $P \leq 0.05$ y no significativo, respectivamente

Clave: R6: Etapa de floración; R9: Etapa de maduración del grano.

Los datos en el número de nódulos, peso seco de nódulos y acumulación de materia seca de la parte aérea corresponden a muestras de 5 plantas.

IV CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos y en las condiciones en las que se desarrolló el experimento; podemos concluir que

- A nivel general en ambos experimentos la variedad mejorada recomendada mostró mayor rendimiento.
- El mejor rendimiento de grano se obtuvo con el tratamiento alta dosis de nitrógeno en ambas variedades, aunque con valores similares al tratamiento que consistía en usar baja dosis de nitrógeno.
- La interacción de la variedad mejorada recomendada y dosis alta de nitrógeno mostró mayor rendimiento de grano en las dos localidades evaluadas en este ensayo, lo que directamente se relaciona con el peso del área foliar.
- El rendimiento de frijol fue afectado negativamente por las aplicaciones de zinc, en la localidad de San Lorenzo (La Trinidad, Estelí).
- El nutriente cobre respondió de forma positiva en el rendimiento de frijol en la localidad de San Lorenzo (La Trinidad, Estelí)

- Se obtuvo una mayor respuesta del nutriente fósforo en comparación con el calcio mezclado con los inoculantes, aunque las diferencias no fueron significativas.
- De los tratamientos inoculados y fertilizados, el que mostró un mayor efecto en el rendimiento de grano fue cuando se aplicaron ambos nutrientes carentes para la localidad de San Diego (Nandaime).

V RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones se sugieren las siguientes recomendaciones:

En las localidades donde se efectuaron los experimentos se recomienda el uso de la variedad mejorada recomendada.

En las condiciones donde se desarrollaron los experimentos se recomienda el uso de una baja dosis de nitrógeno.

En próximos trabajos a realizar determinar el contenido de nitrógeno total fijado.

Previo al montaje de los ensayos hacer un estudio de las cepas nativas existentes, así como evaluar su capacidad simbiótica y poder seleccionar aquellas que presenten las mejores características de fijación.

Se recomienda la repetición de estos ensayos a través de varios ciclos de cultivo y bajo la influencia de diferentes ambientes y condiciones edáficas, con el fin de ampliar el dominio de recomendación para la difusión de esta práctica como una tecnología complementaria a la tradicional del agricultor.

Evaluar en próximos trabajos variedades alternativas bajo las mismas condiciones en los diferentes lugares donde se vayan a montar dichos temas investigativos.

VI REFERENCIAS

- Amaya, R & Cruz, J. 1993. Evaluación de 7 variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*L.) y su respuesta a dosis crecientes de fertilizantes (N-P). Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua U.N.A. p. 28-30.
- Buendía, A.M., Sánchez, C.T., Romero, F. & Sainz J.E. 1990. Propiedades simbióticas en los perfiles de plasmidios de dos estirpes de *Rhizobium Fredii* portadores del plasmidio simbiótico p42d de *Rhizobium Leguminosarum* biovariedad *phaseoli*. Investigación Agraria 5(3). Costa Rica. p. 359.
- Brill, W.J 1980. Biochemical genetics of nitrogen fixation, microbiol Rev., 44, p-449
- Cautle F., Nuñez E., R. & Valdez R., M. 1981. 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. Agrociencia (México) 43:19-35.
- CIA. 1994. Centro de Investigaciones Agrónomicas de la Universidad de Costa Rica. Datos de las principales características químicas y físicas de los suelos de San Diego (Nandaime) y San Lorenzo (Estelí). San José, Costa Rica.

- Chacon, M.E. 1961. Ensayo sobre fertilización nitrogenada e inoculación de frijoles. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica. p 23.
- Contreras, M., J.C. 1988. Evaluación de la fijación de nitrógeno producido por cuatro cepas de *Rhizobium leguminosarum* biovar *Phaseoli*, en las variedades de frijol negro Quinak-ché y Parramos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. p 38.
- Day, J.M., Roughley, R.J., Eaglesham, A.R.J., Dye, M. & Whithe, S.P. 1978. Effect of high soil temperatures and nodulation of cowpea, *Vigna unguiculata*. *Annals of Applied Biology*, 88, p. 476-481.
- Demetrio, J.L., Ellis, R. & Paulsen, G.M. 1972. nodulation and fixation by two soybean varieties as affected by Phosphorus and Zinc nutrition. *Agronomy Journal*, 64, 566-568.
- FAO. 1985. La Fijación de nitrógeno en la explotación de los suelos. *Boletín de Suelos* N° 49 32 p.
- Galomo, T.R. 1978. Respuesta de la inoculación y fertilización en cuatro variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la región de Chontalpa, Tabasco, México. Tesis Ing. Agr. Tabasco, México, ENA. p. 27-32.

- Graham, P. H. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. *Field Crops Research*. 4: p 93-112.
- Hanson, J. B. 1984. The function of calcium in plant nutrition. In: *Advances in plant nutrition* (P.B. Tinker & A. Läücl. eds.), Praeger New York. p. 149-208.
- Horst, W.J. 1983. Factor responsible for genotypic manganese tolerance in cowpea (*Vigna unguiculata*). *Plant soil*. 72, p. 213-218.
- INETER. 1994. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Datos pluviométricos obtenidos en el banco de datos de las estaciones Nandaime y San Lorenzo (La Trinidad, Estelí). Managua, Nicaragua.
- Iglesias, P., G.E. 1962. Ensayo sobre fertilización nitrogenada e inoculación de frijoles. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica. 23 p.
- Jenkins, M.B. & Bottomley, P.J. 1984. Seasonal responses of inoculated alfalfa to N fertilizer; soil N, nodule turnover, and simbyotic effectiveness of *Rhizobium melioli*, *Agron. I.* p. 76, 959.

Molina, R. 1969. Influencia de enmiendas calcáreas y silicatadas sobre el efecto de fertilizantes fosfatados en suelos derivados de cenizas volcánicas en Costa Rica. In: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. p. c.2.1-c.2.12.

PROFRIJOL. 1992. Proyecto de la fijación biológica del nitrógeno en el frijol. Informe final 1990,1992. República Dominicana. p. 173,178-201.

Quirce, C. 1960. Ensayo de fertilización N, P, K, Ca e inoculación de frijoles. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica. 37 p.

Ruschel, A.P., Henis, V. & Solati, E. 1975. Nitrogen-15 tracing of N-fixation with soil grown sugar cane seedlings. *Soil Biology and Biochemistry*, 7, p. 181-182.

Ruschel, A.P., Saito, M.T. & Tulman, N.A. 1978. Eficiencia da inoculacao de *Rhizobium* en *Phaseolus vulgaris* L. I-efeito de fontes de nitrogenio e cultivares. *Ciencia Solo* (Brasil) 3: p. 13-17.

- Sánchez, P.A. & Salinas, J.G. 1981. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. En: Giller, K.E. & Wilson, K.J. (eds.) Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems. C° A° B International Wallingford Oxon, UK, p. 201-203.
- Sylvester, B.R., Kipe, J.A. & Harris, F.J. 1987. Simbiosis leguminosa-rhizobio: Evaluación, selección y manejo {Guia de estudio audiotutorial}. Cali, Colombia. CIAT. 67 p.
- Trigoso, R. & Fassbender, H.W. 1973. Efecto de la aplicación de Ca, Mg, P, Mo y Bo sobre la producción y fijación de nitrógeno de cuatro leguminosas tropicales. *Turrialba* 23 (2): p. 172-180.
- Tapia, B.H. 1987. Variedades mejoradas de frijol con grano rojo para Nicaragua. Managua, Nicaragua, ISCA. 25 p.
- Tapia, B.H. & Camacho, H.A. 1988. Manejo integrado de la producción de frijol basado en labranza cero. Managua, Nicaragua. GTZ. p. 13-35.
- Vincent, J.M. 1965. Environmental factor in the fixation of nitrogen by the legumes. In: Bartholomew, W.V. & Clark, F.I. Soil Nitrogen. Madison, American Society of Agronomy. p. 404-408.

Viteri, S.E., Cosenza, O.E. & Rosas, J.C. 1992. Catálogo de cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*. Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. p. 4-12.

Vidor, C. & Freire, J. R. 1972. Control of Al and Mn toxicity in *Glicine max* by lime and phosphate. *Agron. Sulriogr.* 8, p. 213-218.