

Documento de Trabajo  
Working Document No. 64

III Parte

La simbiosis leguminosa - rizobio  
Actas de un taller sobre la evaluación,  
selección y manejo agronómico

CIAT - PNUD



The legume - rhizobium symbiosis  
Proceedings of a workshop on evaluation,  
selection and agronomic management  
CIAT - UNDP

SB  
177  
.L45  
S54  
v.3



Documento de Trabajo No. 64  
Working Document No. 64

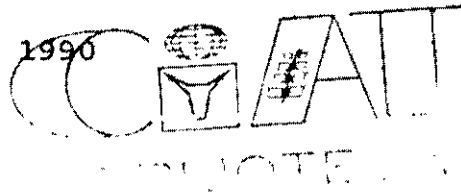
LA SIMBIOSIS LEGUMINOSA-RIZOBIO:  
ACTAS DE UN TALLER SOBRE LA EVALUACION,  
SELECCION Y MANEJO AGRONOMICO

Septiembre, 1987

PARTE III: TRABAJOS DE INVESTIGACION  
SOBRE FRIJOL Y SOYA

editado por Rosemary Sylvester-Bradley  
y Judy Kipe-Nolt

CIAT/PNUD, 1990



THE LEGUME-RHIZOBIUM SYMBIOSIS: 1020  
PROCEEDINGS OF A WORKSHOP ON EVALUATION,  
SELECTION AND AGRONOMIC MANAGEMENT

September, 1987

PARTE III: RESEARCH PAPERS ON  
BEANS AND SOYBEANS

edited by Rosemary Sylvester-Bradley  
and Judy Kipe-Nolt

CIAT/UNDP, 1990

## CONTENIDO DE LAS TRES PARTES

## CONTENTS OF THE THREE PARTS

PARTE I / PART I	Página/ Page
INTRODUCCION (ESPAÑOL)	11
INTRODUCTION (ENGLISH)	15
RESUMENES EN ESPAÑOL DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACION	18
ENGLISH SUMMARIES OF RESEARCH PAPERS	32
GRUPO DE TRABAJO I: TECNICAS PARA LA EVALUACION AGRONOMICA DE LA SIMBIOSIS; SUB-GRUPO PASTOS. Reinaldo Bertola Cantarutti, Rosemary Sylvester-Bradley y Esteban Arosemena.	47
GRUPO DE TRABAJO I; SUB-GRUPO FRIJOL Y SOYA. Joann Roskoski, Paulina Pineda y Judy Kipe-Nolt.	54
GRUPO DE TRABAJO II: MANTENIMIENTO Y CARACTERIZACION DE RIZOBIOS. María Inés Castellanos, Mirta López, Lidieth Uribe, Elias Ramirez y María Valdés.	60
GRUPO DE TRABAJO III: CONTROL DE CALI- DAD Y METODOS DE INOCULACION. Marga- rita Ramirez, J. Kolling y Gaspar González Cu.	64

	Página/ page
GRUPO DE TRABAJO IV: ANALISIS ESTADISTICO DE DATOS DE RENDIMIENTO Y NODULACION. J.J. Soto, M. Guzmán, J.C. Rosas, M. Tang y E. Granados.	68
GRUPO DE TRABAJO V: ENSAYOS DEL TIPO ETAPA III (MANEJO AGRONOMICO DE LA SIMBIOSIS). J.F. Aguirre, G. Hernández, P. Selbach, C. Reyes y O. Coto.	71
GRUPO DE TRABAJO VI: TRABAJO EN EQUIPO Y COMUNICACIONES. Stela Midlej Silva, Rolando Aguilera, Trudy Brekelbaum, Silos Gonzales y Renato Valenzuela.	76
WORKING GROUP I: TECHNIQUES FOR THE AGRONOMIC EVALUATION OF THE LEGUME-RHIZOBIUM SYMBIOSIS; PASTURE SUBGROUP. Reinaldo Bertola Cantarutti, Rosemary Sylvester-Bradley and Esteban Arosemena.	81
WORKING GROUP I; BEANS AND SOYBEAN SUBGROUP. Joann Roskoski, Paulina Pineda and Judy Kipe-Nolt.	87
WORKING GROUP II: MAINTENANCE AND CHARACTERIZATION OF RHIZOBIUM STRAINS. María Inés Castellanos, Mirta López, Lidieth Uribe, Elias Ramirez and María Valdés.	93

	Página/ page
WORKING GROUP III: INOCULANT QUALITY CONTROL AND INOCULATION METHODS. Margarita Ramirez, J. Kolling and Gaspar Gonzalez Cu.	97
WORKING GROUP IV: STATISTICAL ANALYSIS OF YIELD AND NODULATION DATA. J.J. Soto, M. Guzmán, J.C. Rosas, M. Tang and E. Granados.	101
WORKING GROUP V: STAGE III TYPE EXPERIMENTS (AGRONOMIC MANAGEMENT OF THE SYMBIOSIS). J.F. Aguirre, G. Hernandez, P. Selbach, C. Reyes and O. Coto.	104
WORKING GROUP VI: TEAMWORK AND COMMUNICATIONS. Stela Midlej Silva, Rolando Aguilera, Trudy Brekelbaum, Silos Gonzales and Renato Valenzuela.	109
DIRECCIONES DE LOS PARTICIPANTES/ ADDRESSES OF PARTICIPANTS.	114

## PARTE II / PART II

### TRABAJOS DE INVESTIGACION: LEGUMINOSAS FORRAJERAS TROPICALES / RESEARCH PAPERS: TROPICAL FORAGE LEGUMES).

I. EVALUACION DE LA NECESIDAD DE INOCULAR, RESPUESTAS A LA INOCULACION Y A LA APLI-	134
---	-----

CACION DE MOLIBDENO EN LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN SUELOS DE LA REGION CENTRAL DE PANAMA. (EVALUATION OF THE NEED TO INOCULATE, AND RESPONSES TO INOCULATION AND MOLYBDENUM APPLICATION IN SOILS FROM THE CENTRAL REGION OF PANAMA).

Esteban Arosemena, Rodolfo Morales y  
Rosemary Sylvester-Bradley.

- II. EVALUACION EN EL CAMPO DE RESPUESTAS A LA INOCULACION CON RIZOBIOS Y PRODUCCION DE MATERIA SECA DE TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS TROPICALES EN EL SUELO NEUTRO DE LA COSTA DE CHIAPAS, MEXICO. (FIELD EVALUATION OF YIELD AND RESPONSES TO RHIZOBIUM INOCULATION IN THREE TROPICAL FORAGE LEGUMES IN NEUTRAL SOIL FROM THE CHIAPAS COAST, MEXICO).

148

J.F. Aguirre Medina y M. Valdés

- III. LA EVALUACION DE LA SIMBIOSIS ENTRE RIZOBIOS INTRODUCIDOS Y NATIVOS, Y CUATRO LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN CILINDROS CON SUELO SIN DISTURBAR DE LA COSTA DE CHIAPAS, MEXICO. (EVALUATION OF THE SYMBIOSIS OF INTRODUCED AND NATIVE RHIZOBIA WITH FOUR TROPICAL FORAGE LEGUMES IN CORES OF UNDISTURBED SOIL FROM THE CHIAPAS COAST, MEXICO).

158

J.F. Aguirre Medina, María Valdés y R.  
Sylvester-Bradley.

- IV. EFECTO DE LA INOCULACION EN Centrosema pubescens, Macroptilium atropurpureum y Teramnus labialis EN CILINDROS CON SUELO FERRALITICO ROJO NO DISTURBADO, ESTADO DE MATANZAS, CUBA. (EFFECT OF INOCULATION ON Centrosema pubescens, Macroptilium atropurpureum AND Teramnus labialis IN UNDISTURBED CORES OF A RED FERRALITIC SOIL, MATANZAS, CUBA).

172

Miguel Tang

- V. EVALUACION DE LA NECESIDAD DE INOCULAR 28 LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN CILINDROS CON SUELO NO DISTURBADO DE BAYAMO, CUBA. (EVALUATION OF THE NEED TO INOCULATE 28 FORAGE LEGUMES IN UNDISTURBED SOIL CORES FROM BAYAMO, CUBA).

178

Mirta López

- VI. EVALUACION DURANTE EL ESTABLECIMIENTO DE Centrosema pubescens 438 EN SU RESPUESTA A LA INOCULACION EN PINAR DEL RIO, CUBA. (FIELD EVALUATION OF THE INOCULATION RESPONSE OF Centrosema pubescens 438 DURING ESTABLISHMENT AT PINAR DEL RIO, CUBA).

186

Mirta López

- VII. RESULTADOS PRACTICOS DE LA INOCULACION DE LA SOYA V9 PARA PRODUCCION DE FORRAJE Y GRANO PARA LA ALIMENTACION ANIMAL. (PRACTICAL RESULTS ON THE INOCULATION OF SOYBEAN V9 FOR PRODUCTION OF FORAGE AND GRAIN AS ANIMAL FEED. 193

Mirta López y Nicolás Echevarría

- VIII. SOBREVIVENCIA DE RIZOBIOS EN SEMILLAS USANDO INOCULANTES EN BASE A TURBA ESTERIL, PROCEDENTE DE CUBA, COLOMBIA Y AUSTRALIA. (SURVIVAL OF RHIZOBIA ON SEEDS USING INOCULANTS IN GAMMA IRRADIATED PEAT FROM CUBA, COLOMBIA y AUSTRALIA). 202

Mirta López

- IX. EVALUACION DE LA SIMBIOSIS LEGUMINOSA-RIZOBIO EN SUELOS DE PASTURA DEGRADADA Y BOSQUE, EN Pueraria phaseoloides, Desmodium ovalifolium y Stylosanthes guianensis, ESTADO DE BAHIA, BRASIL. (EVALUATION OF THE LEGUME-RHIZOBIUM SYMBIOSIS IN DEGRADED PASTURE AND FOREST SOILS, BAHIA, BRAZIL, IN Pueraria phaseoloides, Desmodium ovalifolium AND Stylosanthes guianensis). 207

Reinaldo Bertola Cantarutti y Stela Dalva Vieira Midlej Silva.



- |   | Página/<br>Page |
|---|-----------------|
| X. EFECTIVIDAD DE CEPAS NATIVAS E INTRO-<br>DUCIDAS DE RIZOBIOS CON LEGUMINOSAS<br>FORRAJERAS TROPICALES EN UN SUELO DE<br>PASTURA DEGRADADA EN PUCALLPA, PERU.<br>(EFFECTIVENESS OF NATIVE AND INTRODUCED<br>RHIZOBIUM STRAINS ON TROPICAL FORAGE<br>LEGUMES IN A DEGRADED PASTURE SOIL,<br>PUCALLPA, PERU).               | 220             |
| C. Reyes, S. Gonzales y M. Ara  |                 |
| XI. USO DE CILINDROS CON SUELO NO DISTURBADO,<br>Y ESTABLECIMIENTO POR LABRANZA MINIMA<br>PARA LA EVALUACION DE CEPAS DE RIZOBIOS<br>EN <u>Arachis pintoi</u> . (USE OF UNDISTURBED<br>SOIL CORES AND REDUCED TILLAGE ESTABLISH-<br>MENT FOR EVALUATION OF RHIZOBIUM INOCULA-<br>TION RESPONSES IN <u>Arachis pintoi</u> ). | 237             |
| Rosemary Sylvester-Bradley, Dacier<br>Mosquera y Jesús E. Mendez.   |                 |

### PARTE III / PART III

#### TRABAJOS DE INVESTIGACION: FRIJOL Y SOYA RESEARCH PAPERS: BEANS AND SOYBEANS

- |  |     |
|--|-----|
| XII. EFFECT OF INOCULATION ON NODULATION AND<br>YIELD OF CARIOCA, A RECENTLY RELEASED BEAN<br>VARIETY IN MBALA, ZAMBIA; NODULATION WITH<br>THE NATIVE RHIZOBIUM POPULATION AND N | 264 |
|--|-----|

FERTILIZER RESPONSE OF A RANGE OF BEAN GERMPLASM. (EL EFECTO DE LA INOCULACION SOBRE LA NODULACION Y RENDIMIENTO DE CARIOCA, UNA VARIEDAD RECIENTEMENTE LANZADA EN MBALA, ZAMBIA; NODULACION CON CEPAS NATIVAS Y RESPUESTAS A LA FERTILIZACION NITROGENADA DE UN RANGO DE GERMOPLASMA DE FRIJOL).

Martin N. Mbewe

- XIII. SELECCION DE CEPAS DE Rhizobium phaseoli Y SU EVALUACION EN FINCAS DE AGRICULTORES EN COSTA RICA. (SELECTION OF Rhizobium phaseoli STRAINS AND THEIR EVALUATION IN ON-FARM TRIALS IN COSTA RICA).

273

Lidieth Uribe y Germán Hernandez C.

- XIV. AISLAMIENTO Y EVALUACION DE CEPAS DE Rhizobium phaseoli EN EL SALVADOR. (ISOLATION AND EVALUATION OF Rhizobium phaseoli STRAINS IN EL SALVADOR).

283

Paulina Pineda.

- XV. EVALUACION DE LA SIMBIOSIS ENTRE SEIS CEPAS DE Rhizobium phaseoli Y DOS VARIETADES DE FRIJOL COMUN BAJO CONDTIONES DE INVERNADERO, CHIMALTENANGO, GUATEMALA (EVALUATION OF THE SYMBIOSIS BETWEEN SIX Rhizobium phaseoli STRAINS AND TWO BEAN VARIETIES UNDER GLASS-HOUSE CONDITIONS IN CHIMALTENANGO, GUATEMALA).

302

M. Guzmán , M.I. Castellanos y L. Suchini.

- XVI. EFECTO DEL FOSFORO Y LA INOCULACION SOBRE LA NODULACION Y RENDIMIENTO EN SOYA. (THE EFFECT OF PHOSPHORUS AND INOCULATION ON NODULATION AND YIELD OF SOYBEAN).

313

R. Valenzuela y R. Candia.

- XVII. EFECTO DE LA INOCULACION DE TRES VARIEDADES DE SOYA EN COMPARACION CON FERTILIZACION NITROGENADA. (THE EFFECTS OF INOCULATION AND NITROGEN FERTILIZER APPLICATION ON THREE SOYBEAN VARIETIES).

319

A.M. Mostacedo, F. Navarro y R. Valenzuela

- XVIII. EVALUACION DE CEPAS DE Bradyrhizobium japonicum DE EL VALLE DEL CESAR, COLOMBIA. (EVALUATION OF Bradyrhizobium japonicum STRAINS IN THE VALLE DEL CESAR, COLOMBIA).

330

Joaquin García, M. Ramirez y Fernando Munévar.

XII. "EFFECT OF INOCULATION ON NODULATION AND YIELD OF  
CARIOCA, A RECENTLY RELEASED BEAN VARIETY  
IN MBALA, ZAMBIA"

and

"NODULATION WITH THE NATIVE RHIZOBIUM POPULATION AND N  
FERTILIZER RESPONSE OF A RANGE OF BEAN GERMPLASM"

Martin N. Mbewe

INTRODUCTION

This work was made possible by the coordinated efforts of the Zambia Grain Legume Research Team, Chipata, Zambia, and the Microbiology Inoculum Production Laboratory, Chilanga, Zambia. Their contribution is greatly appreciated.

The three experiments were conducted in the 1985/86 Zambian growing and rainy season and layed out at Mbala in the high rainfall area of northern Zambia.

- 1 - Bean Variety Nodule Evaluation Trial. (BVNET).
- 2 - CIAT International Bean Yield and Adaptation Nursery (IBYAN) Nodule Evaluation Trial.
- 3 - Need to inoculate Trial/Preliminary Bean Inoculation Trial.

The BVNET consisted of 20 promising lines in the Zambian National Bean Yield Variety Trial. These lines resulted from four years of evaluation and selection of a wide range of exotic and locally collected common beans. The selections were made primarily for yield under moderate nitrogen application.

The objective of conducting this trial was to see if there were differences between varieties and if it could be possible for farmers to produce reasonable bean yields with no nitrogen inputs, chiefly relying on the beans ability to fix its own nitrogen. Most of the beans in Zambia are grown by small scale, economically disadvantaged farmers; therefore increasing nitrogen fixation would not only encourage the expansion of bean growing areas but also would reduce the burden on farmers of having to buy expensive nitrogen fertilizers. The need to inoculate preliminary bean inoculation trial used a recently released commercial bean variety which also had been selected under nitrogen application. The objective of this trial was to see if fertilization could be substituted by suitable inoculants without significantly lowering bean yields.

#### MATERIALS AND METHODS

##### 1. Nodule Evaluation Trials:

A field which had been used for growing wheat the previous season and to which 200 kg/ha lime had been applied (final soil pH 4.0-4.5), was provided at Katito wheat farm in Mbala, Northern Zambia. Areas of 585.2 m<sup>2</sup> (30.8 m x 19 m) and 432.0 m<sup>2</sup> (21.6 x 20.0 m) were measured out respectively for the IBYAN trial and the BVNET. A randomized block design with 3 replications was used for the IBYAN and a spit plot design was used for the BVNET. For the latter trial each replication was divided into 2 equal blocks (each block 6 m x 10.8 m) one of which was supplied with 70 kg urea/ha. 40 kg/ha of K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> was broadcast over the entire experimental area and ploughed in using hoes. Single row plots were used. Furrows 0.60 m apart 6 m long (4 m long for the IBYAN) and about 20 cm wide and 10 cm deep were made using wooden sticks. The urea was applied to

the +N treatment of the BVNET three times at intervals of 2 weeks by banding in furrows about 10 cm away from the plants.

In the BVNET, nodule evaluations of the 20 genotypes were performed twice. The first evaluation was done 28 days after planting. 5 plants from one end of each plot were carefully dug out and washed in small-diameter sieves. The nodules were then counted and the average nodule number per plant determined. The second evaluation was done 59 days after planting and only on treatments with no N fertilizer. This time no counting of nodules was done but visual scores of nodule mass and nodule number on the washed roots were given. A score of 1 was excellent, a score of 9 indicated very poor nodulation. The remaining plants were harvested at maturity and grain yield determined.

The IBYAN had 16 lines including 2 local varieties. No nitrogen was applied to any of the plots. Nodule evaluation was done only once, at 28 days after planting.

## 2. Need to Inoculate/Preliminary Bean Inoculation Trial

The site, land preparation and  $K_2SO_4$  application for this experiment are as described in the above experiments. Carioca, a CIAT introduction which has been released for commercial production, was evaluated for responses to rhizobium inoculation and N fertilizer.

Four treatments were established : 1) uninoculated/low nitrogen, 2) inoculated with a mixture of three Rhizobium phaseoli strains-Tal 182, Tal 1376 and Tal 1383, 3) medium nitrogen (70 kg/ha urea) and 4) high nitrogen (150 kg/ha urea) were established. A randomized complete block design with 6 replications was used.

Each plot was of four, 4 m long, rows. The furrows were made using wooden sticks. For the inoculated treatment 3.0 g of peat-based inoculant was applied in each furrow and Carioca seed was sown in the furrows at a distance of 10 cm between stations. The furrow was covered and then compacted by trampling. To reduce contamination between plots, new plastic bags were worn over the feet inside the plots. In the fertilized treatments, urea was applied by banding in furrows 10 cms away from furrows with seeds. The application was done three times at two-week intervals.

Nodule evaluation was again performed twice, 28 and 59 days after planting. Data on grain yield was taken and analyzed. Vigor scores were also assigned 59 days after planting.

## RESULTS AND DISCUSSION

### CIAT International Bean Yield and Adaptation Nursery (IBYAN)

There were no significant differences in nodule number per plant between varieties at 28 days after planting but there were significant yield differences (Table 1). It is likely that plants developed more nodules with time and this may explain why some varieties that show low numbers of nodules have higher yields than those that nodulated well. The trial was heavily attacked by important diseases in that region of the country and it was felt that scoring for disease reaction would help explain the variations in yields. There were significant differences in response between varieties to all the scored diseases and in general it appeared that those varieties with a disease score of or above 5 had significantly reduced yields despite the fact that they may have had a relatively large number of functional nodules (Table 1).

The yield of a few materials was greater than 800 kg/ha without nitrogen application; this was quite encouraging. In Zambia today the average bean production under small farmer conditions is between 400-500 kg/ha. If a consistent yield increase of about 80% could be maintained over time, by selecting high yielding varieties using native rhizobium strains, progress would be made in reducing the economic burden on farmers who would otherwise rely on nitrogen fertilizers to increase their bean production.

#### Bean Variety Nodule Evaluation Trial (BVNET)

At 28 days after planting there were no significant differences in nodule number between varieties, but there was a higher nodule number in the plots without nitrogen. Nodule numbers were overall low and the coefficient of variation was high. At 59 days after planting the nodule score, done only in unfertilized plots, showed significant differences between varieties. BAT 85, Carioca, A 439 and A 442 showed the best nodulation scores (low score = high nodule number) (Table 2). There was a significant correlation between yield and nodule number score ( $R = -0.59$ ,  $P < 0.01$ ) with higher yield being associated with a higher number of nodules. Again this experiment showed that there would be value in selecting for improved nodulation.

#### Need to Inoculate/Preliminary Bean Inoculation Trial

Nodule evaluation scores at 28 days after planting indicated a much higher number of nodules in the inoculated treatment as compared with the other treatments (Table 3). There was not as much variation in nodule scores in the later date, at 59 days after planting, as the non-inoculated treatments had also produced a considerable number of nodules. The inoculated treatment, however, still had significantly



Table 1. CIAT IBYAN No. 458508. Disease scores (1-9 scale), nodule no. per plant 28 days after planting, and yield (kg/ha).

ENTRY	DISEASES					NODULE NO. /PLANT	BEAN YIELD
	Scab	Anth	Rust	Als	Asco		
BAN 2	7	5	2	7	5	3	0
BAT 1715	1	3	1	1	4	7	814
BAT 1764	4	5	3	2	5	1	387
BAT 1763	4	5	2	1	4	5	562
MAM 5	2	2	7	1	7	5	118
MAM 4	2	2	7	2	6	4	151
MAM 7	1	3	2	2	3	8	676
MAM 6	1	2	3	2	3	2	806
MAM 9	1	4	2	1	3	15	789
MAM 10	1	7	2	2	7	8	290
MAM 11	1	1	3	1	4	5	874
MAM 12	1	1	1	2	4	5	874
ZAV 8306	1	4	4	1	4	3	483
ZAV 8314	1	2	5	1	5	12	528
MSS	6	2	2	6	4	6	105
MBALA LOCAL	1	3	5	2	5	1	456
MEAN	2.2	3.2	3.3	2.2	4.5	4.5	495
CV (%)	44	29	29	39	20	109	32
S.E.	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	3.4	92
LSD.05	1.6	1.5	1.6	1.4	1.5	" "	267

Anth = Anthracnose; Als = Angular leaf spot; Asco = Ascochyta.

better nodulation than the nitrogen fertilized treatments, and the control was intermediate. Differences in plant vigor were striking at 59DAP, with inoculated plants equal to those fertilized with 70kg urea. By maturity however, the differences in yield were not significant at the  $P = 0.05$  level. This may have been because of very high rainfall late in the season. The higher number of nodules observed and the more vigorous plants suggest that inoculation increased fixation levels and may have some promise for the future.

The results from these three experiments suggest two important things which need further investigation.

- 1 - There could be value in selecting high yielding bean varieties under native rhizobium strains.
- 2 - Effective Rhizobium phaseoli strains used on appropriate bean varieties could be more effective (cheaper) than nitrogen fertilizers in increasing yields.

Table 2. Nodule number per plant, nodulation score (1-9 scale), and yield (kg/ha) of the BVNET.

ENTRY	Nodule No./Plant (28 days after planting)		Nodulation Score (59 days after planting)	Yield	
	Low N	High N	Low N	Low N	High N
MSS	6	1	8	161	232
CARIOCA	5	2	5	685	1071
MBALA LOCAL	4	3	7	554	685
BAT 85	1	1	3	543	961
BAT 1297	1	2	7	488	846
BAT 1426	3	1	7	317	740
BAT 1671	3	0	7	647	867
A 429	3	1	6	646	990
A 439	4	2	5	478	969
A 442	4	2	5	1071	1271
A 463	1	3	8	207	363
G 5066	4	2	7	210	426
ZPV 132	1	2	6	524	1108
ZPV 292	6	2	7	129	410
PV 359	3	5	6	279	689
PV 702	8	1	7	321	426
PV 781	1	1	8	374	638
PV 791	2	0	7	235	683
PV 901	2	1	6	393	851
MASUSU	4	3	7	203	191
MEAN	3.5	1.7	6.5	423	725
CV (%)	123	123	24	45	30
S.E.	1.9	1.9	0.9	109	125
LSD .05	N.S.	N.S.	2.6	311	359

Table 3. The effect of inoculation and N fertilizer on nodulation, plant vigor, and yield of Carioca.

Treatment	Nodule # /Plant (28 DAP)	(59 DAP)			Yield kg/ha
		Nodule # Score	Nodule Mass Score	Vigor	
-N, -inoc	8	4	3	5	1316
Inoculated	67	3	3	3	1603
70 kg/h urea	13	5	4	3	1258
150 kg/ha urea	4	5	4	2	1551
Mean	23.1		3.5	3.2	1432
CV%	59		41	17	16
S.E.	5.6		0.6	0.2	94
LSD 0.05	16.8		N.S.	0.7	N.S.

XIII. SELECCION DE CEPAS DE RHIZOBIUM PHASEOLI  
Y SU EVALUACION EN FINCAS DE  
AGRICULTORES EN COSTA RICA

Lidieth Uribe L.  
Germán Hernández

### INTRODUCCION

Costa Rica es un país donde la agricultura de frijol está concentrada en pequeños y medianos agricultores (1 a 3 ha) con distintos sistemas de producción, lo que hace sumamente difícil la búsqueda del paquete tecnológico ideal.

Esta ha traído como consecuencia que el Programa Nacional de Frijol integrado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, Universidad de Costa Rica (U.C.R.), Oficina Nacional de Semillas y Consejo Nacional de Producción (C.N.P.), apoyados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical, busquen alternativas que le den al agricultor mayor rendimiento con el menor costo posible, tal y como el Proyecto de Fijación Simbiótica de Nitrógeno. Este proyecto empezó en Costa Rica en 1985 y se encuentra conformado por dos instituciones responsables (U.C.R., C.N.P.).

### OBJETIVOS

- Evaluar la capacidad de fijación biológica de cepas nativas de Rhizobium phaseoli.
- Evaluar respuesta de variedades de frijol de uso comercial a la inoculación con cepas de rizobios seleccionadas.

### MATERIALES Y METODOS

Evaluación de cepas de rizobios en el invernadero utilizando suelo de San Carlos.

El ensayo se montó con suelo sin disturbar proveniente de San Carlos; se realizó durante los meses Marzo a Junio de 1986.

a. Las cepas utilizadas fueron: C<sub>5</sub>, 127 K12b, CIAT 75, CIAT 166, CIAT 632, CIAT 893, 17-4, 17-5, 18-1, 18-3, 18-4, 19-5, 19-6, 1, 4 a, CR 436b, 4 S, 46, 47.

b. Inoculación:

Se adicionó 3 ml de una suspensión de cada cepa a bolsas con 5 gramos de turba proveniente de los Chiles, neutralizada con CaCO<sub>3</sub> al 7% y autoclavada (100°C/1hora por dos días consecutivos). Se inoculó semilla de Phaseolus vulgaris var. Negro Huasteco en una relación 10:1 turba: semilla. El recuento en semilla fué mayor de 10<sup>5</sup> bacterias/semilla.

c. Tratamientos:

21 tratamientos: 19 cepas, control con nitrógeno (N+) y control sin inocular (N-), en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones.

d. Siembra:

4 semillas por cilindro de PVC de 250g de capacidad, una semana después de la siembra se eliminaron dos plantas.

e. Fertilización:

Se fertilizó aplicando 5 ml de P+ y K+ a concentraciones similares a las utilizadas en el campo: 150 kg/ha de P en forma de H<sub>3</sub> PO<sub>4</sub>, 50 kg/ha K+ y al control con nitrógeno se

adicionó además, 50 kg/ha de N como  $\text{NH}_4 \text{NO}_3$  en 1 aplicación.

f. **Control de plagas:**

Se aplicó el 17/4 Benlate + Difolatán, el 23/4 Bas 220 05F, el 30/4 una segunda aplicación del mismo y el 6 gr lannate + Bas 220 05 F.

g. **Evaluación:**

El experimento se cosechó a las 7 semanas de sembrado (50% floración), se determinó peso seco de nódulos y de parte aérea y porcentaje de nitrógeno de la parte aérea. Los resultados se analizaron por ANDEVA de bloques al azar y prueba Duncan.

Ensayos de inoculación en campos de agricultores

**Localidades:**

- Monterrey de San Carlos
- San Pedro de Perez Zeledón
- Las Brisas de Perez Zeledón

**Metodología:**

- a. Area: 468 m<sup>2</sup>
- b. Area útil: 300 m<sup>2</sup>
- c. Tratamientos:
  - 1 - cepa 127 K 12b + P + K
  - 2 - cepa CIAT 166 + P + K
  - 3 - cepa CR 436 + P + K
  - 4 - sin inocular (N-) + P + K

5 - alto en nitrógeno (N+) + P + K

el diseño - bloques al azar con cuatro repeticiones

d. Siembra:

50 cm entre surcos  
 30 cm entre golpes  
 surcos de 5 m de largo  
 6 surcos/parcela  
 1 m entre parcelas  
 2 m entre bloques  
 12 semillas por metro lineal. (224 mil plantas/ha)

e. Control de malezas:

Prowl 330	1.3 l/ha
Dimitro	0.9 l/ha
Gramaxone	1.3 l/ha

f. Fertilización.

Nitrógeno (urea)	152 kg/ha
Fósforo (triple superfosfato)	120 kg/ha
Potasio (cloruro de potasio)	30 kg/ha
Fetrilón-combi	400 g/ha

g. Control de plagas.

Citrolane 2.G.	27 g/parcela
----------------	--------------

h. Cultivar:

Negro Huasteco  
 grano color negro  
 habito de crecimiento II

i. Inoculante 1:10 turba : semilla

j. Evaluaciones:



- nodulación temprana, peso seco parte aérea (V4)
- nodulación máxima (R6), peso seco parte aérea
- producción de grano.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el ensayo de invernadero no se observó respuesta a la inoculación ni a la fertilización con nitrógeno. La falta de respuesta a la fertilización pudo deberse a: la aplicación de nitrógeno en una sola dosis a la siembra no fué suficiente para cubrir las necesidades de la planta; a otros factores que pudieran limitar el desarrollo de la misma y afectar también el establecimiento de la simbiosis. En cuanto a la respuesta a la inoculación no se observó diferencias significativas entre las cepas inoculadas y las cepas nativas (Cuadro 1). Sin embargo las cepas 127 K12b y la 17-4 presentaron el mayor porcentaje de N y N total. Con respecto al peso seco foliar no se observó diferencias, al igual que con el peso seco de nódulos.

En los ensayos de campo se evaluaron las cepas 127 K12b, CIAT 166 y CR 436b, ya que estas cepas en experimentos previos en jarras de Leonard fueron las mejores y los datos de N total en el ensayo en suelo no fueron analizados en tiempo. Se usó la variedad Negro Huasteco, que presenta buena nodulación.

En la localidad de San Carlos no se observó diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos evaluados (Cuadros 2 y 3), sin embargo se observó en la etapa R6 una tendencia del tratamiento con alta dosis de nitrógeno y del inoculado con la cepa 127 K12B, a presentar un mayor peso y un mejor rendimiento. El peso seco de los nódulos no presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo mayor en el tratamiento sin inocular, indicando la presencia de cepas nativas con alta capacidad de infección.

En las brisas de Pérez Zeledón, el tratamiento alto en nitrógeno presentó en la etapa de desarrollo V<sub>4</sub>, un peso seco significativamente mayor que el de los tratamientos restantes (Cuadro 2). En la etapa R6 dicho tratamiento presentó tendencia a un mayor peso seco.

Con respecto a la nodulación no se observó diferencia significativa en la etapa de desarrollo V4, mientras que en R6 el peso seco de los nódulos fué significativamente mayor cuando se inoculó con las cepas CIAT 166 y CR 436b.

En cuanto al rendimiento, éste fué significativamente mayor en los tratamientos inoculados en las cepas CIAT 166, CR 436b y en el tratamiento de alto nitrógeno (Cuadro 3).

En San Pedro de Pérez Zeledón no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al peso seco de las plantas (Cuadro 2). La cepa CR 436b presentó un peso seco de nódulos significativamente mayor en las etapas V4 y R6.

En esta localidad el tratamiento alto en nitrógeno es significativamente menor en rendimiento que los tratamientos inoculados y no inoculados.

En Monterrey de San Carlos y San Pedro de Pérez y Zeledón existe una población nativa capaz de establecer una simbiosis efectiva, no así en Las Brisas de Pérez Zeledón donde se observó respuesta al nitrógeno y a la inoculación. En San Pedro de Pérez Zeledón el tratamiento alto en Nitrógeno presentó el menor desarrollo y menor producción debido probablemente a efecto de plagas y competencia con malezas por la disponibilidad del nitrógeno aplicado, situación que no ocurrió cuando se estableció la simbiosis.

La diferencia observada en el peso seco de la parte aérea entre las localidades de Pérez Zeledón y San Carlos, se debió a problemas de sequía que afectaron el desarrollo de las plantas, se observó además una recuperación del ensayo de San Pedro de Pérez Zeledón.

Es conveniente la evaluación de estas cepas en un mayor número de localidades para así determinar su potencial como inoculante.

Cuadro 1. Selección de cepas en suelo sin disturbar de San Carlos, R6

CEPAS	PORCENTAJE	PESO SECO		PESO SECO
	DE NITROGENO	PARTE AEREA	NITROGENO	NODULOS
		g/planta	mg/planta	mg/planta
127K12b	2.24 a	2.78	62.1 a	72
17-4	2.28 a	2.61	59.0 ab	63
45	1.91 abc	2.83	54.2 abc	79
1	1.74 d	3.10	53.4 abc	96
436b	2.00 abc	2.73	53.4 abc	82
4a	2.00 abc	2.71	53.3 abc	73
17-5	1.92 abc	2.69	50.4 abc	66
18-1	1.83 bc	2.73	49.8 abc	67
18-4	2.13 abc	2.40	49.2 abc	81
19-5	1.95 abc	2.51	48.8 abc	81
18-3	1.96 abc	2.47	48.6 abc	59
47	2.19 ab	2.12	46.6 bc	98
CIAT 893	1.78 c	2.58	45.9 bc	109
CIAT 166	1.84 bc	2.48	45.7 bc	48
C5	1.95 abc	2.31	44.8 c	65
CIAT 632	1.97 abc	2.27	44.7 c	67
46	1.85 bc	2.36	43.6 c	113
19-6	1.99 abc	2.18	43.2 c	101
CIAT 75	1.95 abc	2.15	41.5 c	110
N+	1.98 abc	2.48	49.6 abc	147
N-	2.16 ab	2.38	51.2 abc	152

Letras diferentes implican diferencias significativas según la prueba de Duncan (5%).

Cuadro 2. Respuesta de *Phaseolus vulgaris* var Negro Huasteco a la inoculación con cepas de *Rhizobium phaseoli* en tres localidades.

LOCALIDADES	TRATAMIENTOS	V4		R6	
		NODULOS (g / 8 plantas)	PARTE AEREA	NODULOS (g / 8 plantas)	PARTE AEREA
MONTERREY	127 K 12 b	0,023	5,31	0,511	136,06
	CIAT 166	0,057	5,64	0,469	99,38
	CR 436 b	0,450	6,75	0,354	95,59
SAN CARLOS	N-	0,380	7,56	0,887	102,46
	N+	0,014	6,77	0,588	106,73
LAS BRISAS	127 k 12 b	0,107	3,71b	0,197d	21,18
	CIAT 166	0,156	3,94b	0,452a	18,92
	PEREZ	0,121	3,57b	0,415b	20,36
ZELEDON	N-	0,129	3,93b	0,330c	18,91
	N+	0,083	6,20a	0,194d	28,99
SAN PEDRO	127 k 12 b	0,121bc	3,45	0,255ab	21,18
	CIAT 166	0,186b	3,92	0,157b	19,38
	PEREZ	0,331a	3,80	0,417a	20,73
ZELEDON	N-	0,190b	5,49	0,128b	28,08
	N+	0,063c	3,77	0,130b	15,54

Letras diferentes implican diferencias significativas según la prueba de Duncan (5%).

Cuadro 3. El efecto de la inoculación sobre el rendimiento de la variedad Negro Huasteco en tres localidades.

TRATAMIENTO	Rendimiento kg/ha		
	SAN CARLOS	LAS BRISAS	SAN PEDRO
127 K12b	1425	595c	1128a
CIAT 166	1238	954ab	803ab
CR 436 b	1388	933ab	1385a
N-	1225	646c	1209a
N+	1813	1291a	547b

XIV. AISLAMIENTO Y EVALUACION DE CEPAS DE  
Rhizobium phaseoli EN EL SALVADOR

Ana Paulina Pineda

INTRODUCCION

El frijol (Phaseolus vulgaris) es una leguminosa de gran importancia en El Salvador. A pesar de ello es un cultivo de subsistencia, que tradicionalmente es sembrado por el pequeño agricultor, con prácticas culturales ineficientes y rendimientos de 500 kg/ha (2). En 1984 se sembraron aproximadamente 56,000 ha de frijol, parte como cultivo solo y parte asociado con maíz (2). Por lo que se hace necesario desarrollar proyectos que conlleven a una mayor producción a un bajo costo.

Observaciones efectuadas en zonas frijoleras, muestran alguna nodulación efectiva por parte de razas indígenas de Rhizobium, aunque nunca se han empleado inoculantes comerciales.

Ensayos preliminares indican que el frijol responde a la inoculación con aislamientos locales de comprobada eficiencia (1). Los nódulos formados por razas seleccionadas de Rhizobium en las raíces de frijol, podrían formar sistemas altamente eficientes en la fijación de nitrógeno, capaces de satisfacer la mayor parte o todos los requerimientos de nitrógeno de la planta, eliminando así, total o parcialmente la dependencia de nitrógeno aplicado como fertilizante químico (5,8).

El objetivo de este trabajo es determinar la eficacia de aislamientos locales de Rhizobium phaseoli en la fijación biológica de nitrógeno en frijol Phaseolus vulgaris bajo

condiciones controladas y de campo, y evaluar la necesidad o no de la inoculación.

## MATERIALES Y METODOS

### I - Colección de cepas nativas de Rhizobium phaseoli en zonas frijoleras de El Salvador.

Se efectuaron giras de campo para coleccionar plantas de frijol con nódulos de Rhizobium phaseoli. Los muestreos fueron realizados con dos diferentes zonas frijoleras de El Salvador: Ahuachapán y Santa Ana en la zona occidental; Cabañas, Cuscatlán y San Vicente en la zona central.

Los muestreos fueron acordes a las épocas de siembra y floración de cada localidad. Se ejecutaron durante los meses junio-julio y octubre/86. En cada punto de muestreo se seleccionaron plantas sanas y vigorosas, se seleccionaron 12 nódulos por planta, con características de efectividad (grandes, compactos y rojos en el interior) (4). Se guardaron en frascos con sílica-gel.

### II - Aislamiento e Identificación de Rhizobium

Los nódulos seleccionados en el campo fueron lavados y desinfectados con alcohol 95% por 30 segundos y cloruro mercúrico 1:1000 por 3 minutos, posteriormente fueron lavados cinco veces en agua estéril. Para el aislamiento de la bacteria, cada nódulo fué colocado en una caja de Petri conteniendo medio de Wright, se incubaron a temperatura ambiente (26.5°C) durante 3 días. Las colonias típicas de Rhizobium fueron aisladas e inoculadas a nuevos medios (9).



La identificación de las cepas se efectuó en base a las características morfológicas macroscópicas y microscópicas, además se verificaron pruebas de ketolactasa (3), siembra en medio con Azul Bromotimol y peptona-glucosa.

### III- Pruebas de efectividad en Invernadero

Los primeros ensayos (A y B), se efectuaron durante el período comprendido del 21 de Julio al 26 de Agosto de 1986. El tercer ensayo (ensayo C), se efectuó durante el período comprendido del 26 de Enero al 2 de Marzo de 1987. Los ensayos se realizaron en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, San Salvador.

Para el ensayo A se empleó suelo de la zona central (Ilobasco), que correspondió a un Latosol arcillo-rojizo de textura arcillosa, en donde se evaluaron 12 aislamientos locales y 5 cepas CIAT. En el ensayo B se empleó suelo de la zona occidental (Candelaria de la Frontera), un Grumusol de textura franco-arcillosa, en igual forma se evaluaron 12 aislamientos de esa zona y 5 cepas CIAT. En ambos casos se emplearon macetas que contenían 1kg de suelo, más 1kg de piedra pómez. Se utilizó la variedad de frijol Rojo de Seda. Se agregó un testigo sin inoculante y sin nitrógeno y un testigo con el equivalente a 100kg N/ha en forma de nitrato de amonio. Se utilizó un diseño de Bloque al Azar con 4 repeticiones.

Para el ensayo C se emplearon dos variedades de frijol, Rojo de Seda y RAB-204, en un sólo tipo de suelo. Se evaluaron 25 aislamientos locales y tres cepas CIAT, en igual forma se incorporó un testigo absoluto y un testigo con el equivalente a 100 kg N/ha en forma de nitrato de amonio. Se utilizó un diseño de Bloque al Azar con 4

repeticiones. A los 35 días después de la germinación se cosecharon las plantas y se evaluaron los siguientes parámetros:

- 1 - Número de nódulos
- 2 - Peso seco de nódulos
- 3 - Peso seco parte aérea
- 4 - Porcentaje de nitrógeno de la parte aérea de la planta, por el método Micro-Kjeldahl.

#### IV - Ensayos de campo

Después de los análisis estadísticos correspondientes, las mejores cepas fueron evaluadas a nivel de campo; para lo cual se montaron tres ensayos. El primer ensayo (ensayo A), se efectuó durante el período comprendido del 26 de Septiembre al 28 de Noviembre de 1986. El segundo (ensayo B) y el tercero (ensayo C), se efectuaron durante el período comprendido del 30 de Mayo al 15 de Agosto de 1987. Dichos ensayos se montaron en la Cooperativa San Antonio Zacamil en Candelaria de la Frontera, departamente de Santa Ana. El análisis de suelos detectó deficiencia de fósforo (3 ppm) y alta disponibilidad de potasio (138 ppm), de textura franco arcilloso, pH 5.2. En cuanto al clima, una precipitación de 1,485 mm, temperatura 23.5°C. 67% de humedad relativa, ubicado a 700 m.s.n.m.

Para la preparación de los inoculantes se emplearon las cepas puras mezcladas con turba, en una proporción de 100g de turba con 50ml de cultivo puro a una concentración de  $10^9$  cel/ml (7). Las siembras se efectuaron manualmente. Para el ensayo A se emplearon las cepas I-2, I-8, I-9, I-10, CIAT-632 y CIAT-899, en la variedad Rojo de Seda. Se incluyó un testigo sin inoculante y sin N, y un testigo con un equivalente a 100kg de urea/ha. Se empleó un diseño de bloques al azar con ocho tratamientos y 3 repeticiones.

Para efecto de control de plagas y enfermedades se emplearon los siguientes pesticidas: dos aplicaciones de Metaldehído, en dosis de 357g i.a/ha; tres Metamidophos, en dosis de 857.14g i.a/ha; una Diazinon, en dosis de 1,540g i.a/ha; una de Oxamyl, en dosis de 514.28g i.a/ha; y una aplicación de Triadimefon, en dosis de 535.71g i.a/ha.

Para el ensayo B se emplearon las cepas No. R-3 (San Rafael Cedros), J-12 (Jocotón), No. A-15 (Arenal), No. P-22 (Palo Negro), I-10 en la variedad RAB-204. Se incluyó un testigo sin inoculante y sin N y un testigo con un equivalente a 180kg de urea/ha. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos y 3 repeticiones.

Para el ensayo C se emplearon cinco variedades de frijol: 1- Rojo de Seda, 2- Centa-Izalco, 3- RAB-204, 4- RAB-310, 5- RAB 404; 3 diferentes tratamientos de inoculación/nitrógeno: 1- Sin N; 2- Nitrógeno con un equivalente de 180 kg de urea/ha; 3- Con inoculante, para el cual se empleó una mezcla de las cepas R-3, J-12, P-22. Se empleó un diseño de parcelas divididas en arreglo factorial de 5 x 3, con 15 tratamientos y 4 repeticiones. Correspondiendo las parcelas principales a variedades y las sub-parcelas a los tratamientos inoculación/nitrógeno.

Para efecto de control de plagas y enfermedades, en los ensayos B y C, se emplearon los siguientes pesticidas: una aplicación de Benomyl, en dosis de 260.06g i.a/ha; dos aplicaciones de Paration-etílico, en dosis de 342.8g i.a/ha y una aplicación de Metamidophos, en dosis de 320g i.a/ha.

En los tres ensayos se efectuó la primera evaluación a los 20 días después de la germinación, para lo cual se cosecharon 12 plantas por tratamiento, se tomó el número de nódulos y se estimó el porcentaje de nódulos que mostraban color rojo en el interior (6). Una segunda evaluación se efectuó a los 40 días (ensayo A) y a los 50 días para los ensayos B y C. Se cosecharon seis plantas por tratamiento, se tomó el número de nódulos y se determinó el peso seco de la parte aérea. En los tres casos se evaluó el rendimiento cuando el 90% de las vainas de frijol alcanzaron la madurez.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Ensayos de Invernadero

#### Ensayo A:

Se encontró diferencia significativa para número de nódulos, los más altos recuentos se obtuvieron con las cepas I-6, I-9, I-10.

Para el peso seco de nódulos las cepas CIAT-652, I-9 e I-10, se comportan de igual manera pero superiores al resto de los tratamientos (Fig. 1). No se encontró diferencias entre tratamientos para peso seco de la parte aérea.

Con el % de nitrógeno de la parte aérea se obtuvo la mejor respuesta con la cepa I-10, seguida de los tratamientos cepa -1 y + nitrógeno. Se calculó el rendimiento de nitrógeno (g/planta) y nuevamente sobresale la cepa I-10 y de igual comportamiento pero diferentes al resto los tratamientos cepa I-1 y + nitrógeno (Fig. 1).

De estos resultados se puede concluir que las cepas I-9, I-10, evaluadas por número de nódulos, peso seco de nódulos, y contenido de nitrógeno de la parte aérea, son superiores al resto de las cepas sometidas al estudio. Es la primera vez que estas cepas se registran como altamente efectivas. Ensayo B:

En este ensayo no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables evaluadas. A excepción de peso seco de nódulos en donde sobresale la cepa F-6 (Fig. 1). Probablemente el nitrógeno no fué un factor limitante para el desarrollo de las plantas en este suelo, no hubo respuesta al N mineral, por lo tanto no fué posible identificar cepas potencialmente buenas.

#### Ensayo C:

En el análisis conjunto de las dos variedades Rojo de Seda y RAB-204, no se encontró diferencia estadística para número de nódulos, los más altos recuentos se obtuvieron con las cepas E-21, A-15, J-12 y CIAT-632 (Fig. 2). Para el Rojo de Seda se comportan mejor las cepas J-12 y CIAT-632 y para RAB-204 las cepas A-15, E-21 y CIAT-632. Sobresale para ambas variedades la CIAT-632.

Para peso seco de nódulos se encontró diferencia altamente significativa entre variedades, siendo los valores más altos para Rojo de Seda con las cepas J-12 y E-1 y para RAB-204 las cepas A-10 y CIAT-632.

Con el peso seco de la parte aérea no se encontró diferencias entre variedades, pero sí entre tratamientos, resultando las cepas R-3 y CIAT-632 como las mejores.

En el análisis de contenido de nitrógeno, sobresalen para ambas variedades las cepas CIAT-632, P-22 y A-13, aunque no lograron superar al testigo nitrogenado (100 kg N/ha) (Fig. 2).

### Ensayos de Campo

#### Ensayo A

El Cuadro 1 demuestra que hay diferencia significativa en el número de nódulos a los 20 días, para los distintos tratamientos.

Mostraron buen comportamiento las cepas I-2, I-9, CIAT-899 y CIAT 632 e I-10.

El número de nódulos a los 40 días no mostró diferencia significativa entre los distintos tratamientos. La nodulación en esta etapa se encontró disminuida en un 90%.

De lo anterior se puede establecer que el efecto de las cepas en la variedad de frijol Rojo de Seda dura aproximadamente hasta los 35 días, posterior a ello los nódulos entran en proceso de degeneración.

Para la variable peso seco de la parte aérea se encontró una diferencia altamente significativa entre tratamientos, corresponden las mejores respuestas a las cepas I-10, CIAT-899 y el testigo nitrogenado.

En el Cuadro 2 se presentan los datos relacionados con el rendimiento. Aparencemente no hay diferencia significativa entre las cepas evaluadas, lo cual pudo deberse a la falta de humedad adecuada en el suelo, ya que el último mes se aplicó riego en forma manual.

Pero se puede apreciar que los mayores rendimientos se obtuvieron con las cepas I-10 y CIAT-632, por lo cual se concluye que son las mejores cepas de este ensayo.

#### Ensayo B:

El Cuadro 3 demuestra que hubo diferencia significativa en el número de nódulos a los 20 días, debido a la inoculación. El número de nódulos y el peso seco de la parte aérea a los 50 días, no muestran diferencias significativas entre los distintos tratamientos. En el mismo Cuadro se presentan los datos relacionados con el rendimiento. Hubo diferencia significativa entre las cepas evaluadas. Los mejores rendimientos se obtuvieron con las cepas P-22 y J-12 aunque no lograron superar al testigo nitrogenado.

#### Ensayo C:

El Cuadro 4 demuestra que hay diferencia significativa en el número de nódulos a los 20 y a los 50 días para las distintas variedades, en la presencia de inoculante. A los 20 días la mejor respuesta se obtuvo con la variedad CENTA-IZALCO.

Al comparar las respuestas a los diferentes tratamientos de nitrógeno se encontró un incremento altamente significativo para el número de nódulos con el empleo de inoculante. (Cuadro 5). A los 50 días la variedad CENTA-IZALCO, disminuyó la nodulación en un 90% , en general en esta etapa la nodulación disminuyó en todas las variedades.

En cuanto al peso seco de la parte aérea a los 50 días se encontró que utilizando 180 kg urea/ha y la mezcla de cepas, responden igual estadísticamente (Cuadro 5).

Con el rendimiento no se encontró diferencia significativa entre variedades, los más altos rendimientos se observaron en las variedades RAB-310 y RAB-404 (Cuadro 4).

Al comparar los diferentes tratamientos de nitrógeno se obtuvieron rendimientos similares al emplear 180 kg urea/ha y la mezcla de cepas; estos dos tratamientos respondieron igual estadísticamente, superiores al testigo sin inocular y sin fertilizar (Cuadro 5). De éstos resultados se puede concluir que las variedades RAB-310 y RAB-404 mostraron una simbiosis efectiva con la mezcla de cepas R-3, J-12 y P-22.



BIBLIOGRAFIA

- AGUILERA, R.G. Evaluación de la eficiencia de catorce cepas de Rhizobium phaseoli, en cinco variedades de frijol de Guatemala. In Reunión Anual del P.C.C.M.C.A. San Salvador, El Salvador, 1975. pp. 385-389.
- EL SALVADOR. DIRECCION DE ECONOMIA AGROPECUARIA. Anuario de Estadísticas Agropecuarias, San Salvador. 1984.
- GAUR, V.D. and H. MARECKOVA. Absence of 3-ketolactose production by Rhizobium phaseoli. Ins. Plant Nutr. Folia Microbiol. 22(4): 311-312. 1977.
- GRAHAM, P.H. and J. HALLIDAY. Inoculation and nitrogen fixation in the genus Phaseolus. Bean Production Program. CIAT Colombia. 1976.
- GRAHAM P.H. Fuentes químicas biológicas en la fertilización del frijol. Programa de frijol. CIAT. Colombia. 1979.
- GRAHAM, P.H. Prueba Internacional de cepas de Rhizobium para frijol. Microbiología de frijol CIAT. Colombia.
- HAWAII. UNIVERSIDAD - COLEGIO DE AGRICULTURA TROPICAL. Sistema Internacional de ensayo de inoculación de leguminosas. Trad. por Evangelina C. Fabián. Proyecto NIFTAL.

HUBBELL, D.H. and LL.R. FREDERICK. Determinación de inoculación de Rhizobium y posibles problemas relacionados con el cultivo del frijol en El Salvador. Universidad de Florida - CENTA. El Salvador. 1976.

VINCENT, J.M. A manual for the practical study of root-nodule bacteria. International Biological Program. Great Britain. 1970.

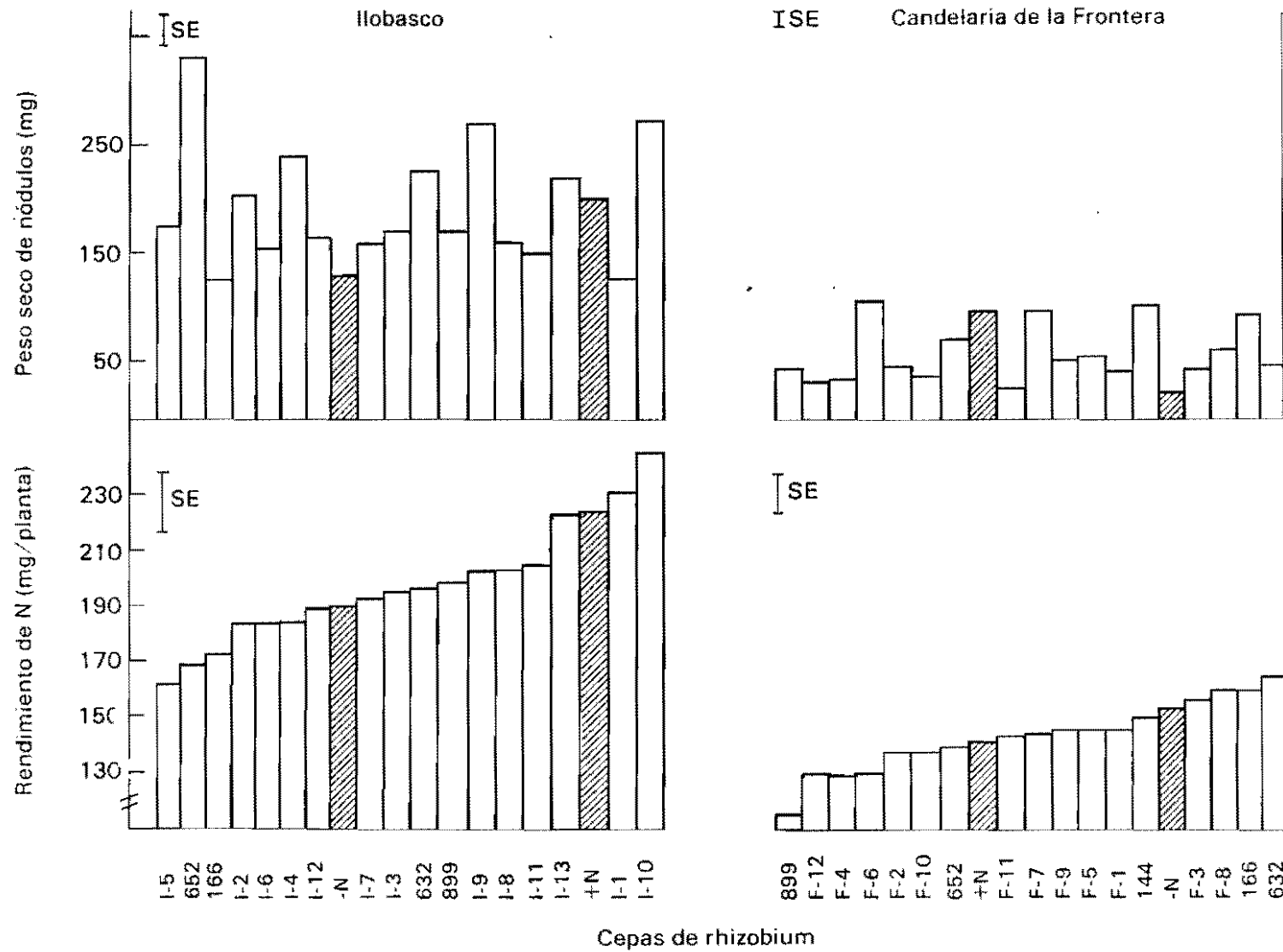


Figura 1. Peso seco de nódulos y rendimiento de nitrógeno en la variedad de frijol Rojo de Seda, inoculada con cepas de rizobium, en suelos de Ilobasco y Candelaria de la Frontera.

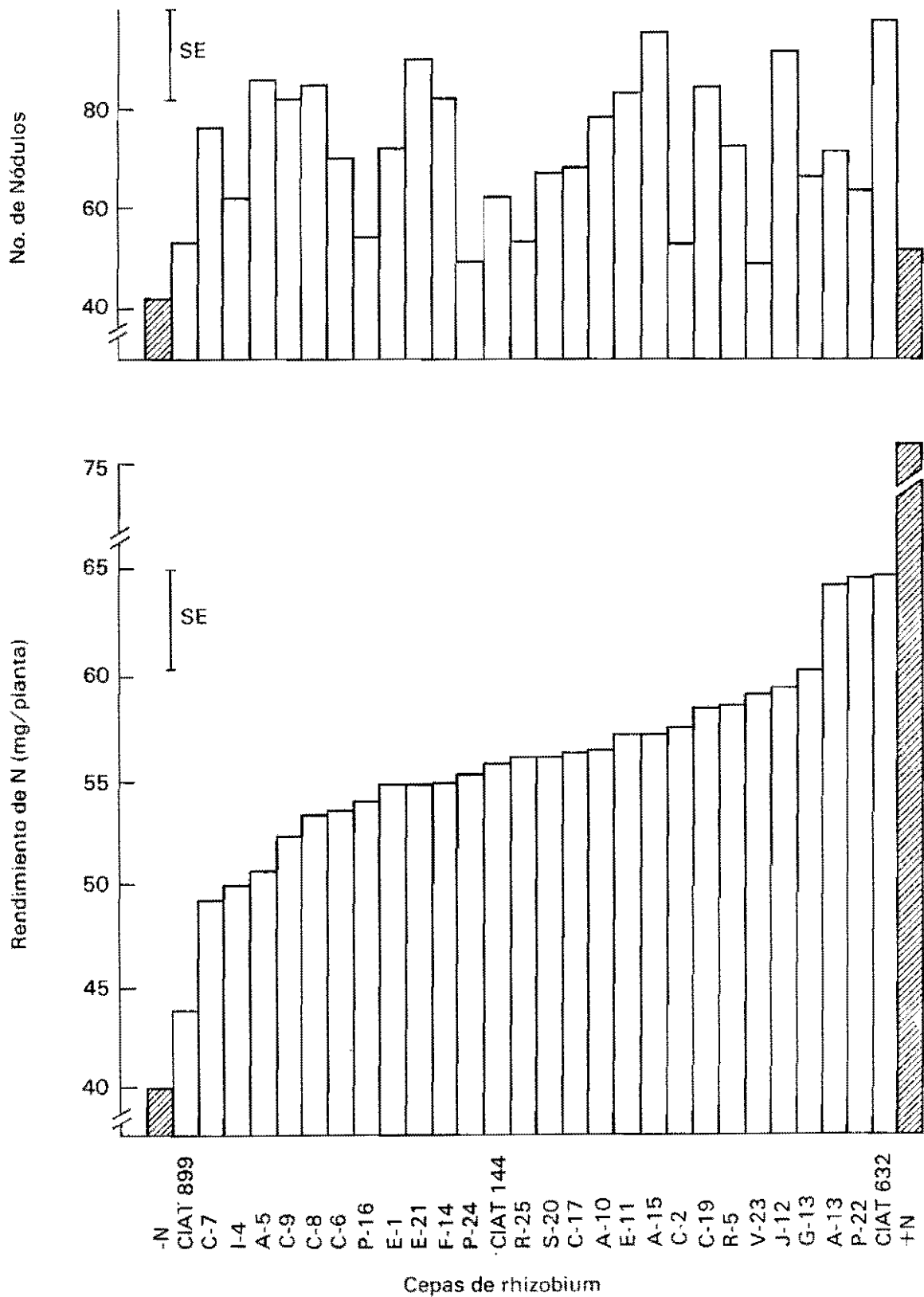


Figura 2. Número de nódulos y rendimiento de nitrógeno en las variedades Rojo de Seda y RAB-204, inoculadas con 28 cepas de rhizobium.

CUADRO 1 - Promedio de número de nódulos por planta de frijol inoculadas con diferentes cepas de Rhizobium phaseoli, lectura a los 20 días. Candelaria, El Salvador, 1986.

---

Tratamiento	número de nódulos/planta
Cepa I - 2	48.4 a
Cepa I - 9	46.9 a
Cepa CIAT-899	45.9 a
Cepa CIAT-632	44.5 a
Cepa I - 10	43.0 a
Cepa I - 8	36.3 ab
Testigo	19.3 b
Nitrógeno <u>1</u> /	3.2 c

---

1/ 100 kg. urea/ha

Nota: Tratamiento con igual literal significa que son iguales estadísticamente al 5% de probabilidades.

CUADRO 2 - Rendimiento promedio (kg/ha), de frijol  
inoculado con diferentes cepas de Rhizobium  
phaseoli, Candelaria, El Salvador, 1986.

---

Tratamiento	Rendimiento kg/ha
Nitrógeno <u>1</u> /	882.12
Cepa I - 10	737.13
Cepa CIAT-632	695.25
Cepa CIAT-899	563.67
Cepa I - 8	545.51
Cepa I - 2	465.22
Testigo	405.68
Cepa I - 9	353.34

---

1/ 100 kg urea/ha

CUADRO 3 - Promedio de nódulos por planta a los 20 días y rendimiento promedio (kg/ha) en la variedad de frijol RAB-204, inoculadas con cinco cepas de Rhizobium phaseoli. Candelaria, El Salvador, 1987.

Tratamiento	Número de Nódulos	Rendimiento kg/ha
Nitrogeno <u>1</u> /	14 bc	2302 a
Cepa P-22	18 abc	1915 ab
Cepa J-12	19 abc	1620 ab
Cepa I-10	27 a	1496 ab
Cepa R-3	29 a	1449 ab
Cepa A-15	26 a	982 b
Testigo	12 c	970 b

1/ 180 kg urea/ha

Nota: Tratamientos con igual letra son iguales estadísticamente según prueba de Duncan al 5%.

CUADRO 4 - Promedio de nódulos por planta a los 20 y 50 días, y rendimiento promedio (kg/ha), con una mezcla de tres cepas. Candelaria, El Salvador, 1987.

Variedad de frijol	Número de nódulos		Rendimiento kg/ha
	20 días	50 días	
RAB-310	40 b	25 ab	2913.61 a
RAB-404	35 b	3 b	2660.60 a
Centa-Izalco	112 a	16 ab	2043.85 ab
RAB-204	59 b	36 a	1895.50 bc
Rojo de Seda	58 b	28 ab	1604.40 c

Nota : Tratamientos con igual letra son iguales estadísticamente según prueba de Duncan al 5%.



CUADRO 5 - Promedio de nódulos, peso seco de la parte aérea por planta, a los 20 y 50 días respectivamente; y rendimiento promedio (kg/ha), en cinco variedades de frijol, bajo diferentes tratamientos de nitrógeno. Candelaria. El Salvador.

Tratamiento	Número de nódulos (20 días)	Peso seco parte aérea g/planta (50 días)	Rendimiento kg/ha
180 kg urea/ha	30 b	16.39 a	2477 a
Inoculado (cepas R-3, J-12, P-22)	57 a	13.86 a	2224 a
Control (-inoc., -N)	21 c	10.19 b	1654 b

Nota : Tratamientos con igual letra son iguales estadísticamente según prueba de Duncan al 1%.

XV. EVALUACION DE LA SIMBIOSIS ENTRE SEIS CEPAS  
DE Rhizobium phaseoli Y DOS VARIEDADES DE  
FRIJOL COMUN BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO,  
CHIMALTENANGO, GUATEMALA, 1986

Marcial Guzmán  
María Inés Castellanos  
Lucrecia Suchini

INTRODUCCION

El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) es una leguminosa cuyo grano constituye parte fundamental en la dieta nutricional de la mayor parte de los habitantes de Guatemala, siendo un alimento rico en proteínas y de más bajo costo que la proteína animal.

En el valle de Chimaltenango es de mucha importancia la producción de frijol. La variedad criolla mejorada ICTA-San Martín y la variedad ICTA-Parrámos son recomendadas comercialmente por el programa de frijol del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) por su alto rendimiento, pero para obtener mayor producción es prioritario aplicar fertilizantes nitrogenados lo cual es limitante para la mayoría de los agricultores de la zona ya que los recursos económicos de que disponen son escasos.

La crisis económica mundial surgida en los últimos años ha provocado un alza en el precio de los fertilizantes nitrogenados; en los últimos 10 años el precio de 1 quintal de urea ha superado los Q 20.= , lo cual eleva grandemente los costos de producción para el agricultor minifundista de esta región del país.

Es por lo tanto necesaria la investigación y búsqueda inmediata de factores que puedan contribuir a obtener un mayor rendimiento en las cosechas y enriquecimiento de los suelos sin tener que depender totalmente del uso de fertilizantes nitrogenados. Una forma de lograrlo es aumentando la eficiencia de la fijación simbiótica de nitrógeno, razón por la cual se realizó el presente ensayo con el objetivo específico de: Evaluar la adaptación y efectividad de la simbiosis entre seis cepas promisorias de R. phaseoli y dos variedades de frijol común arbustivo bajo condiciones de invernadero, con el fin de identificar las combinaciones genotipo de frijol - cepa de rizobio más efectivas en fijación de  $N_2$ .

## MATERIALES Y METODOS

### 1. Localización de los ensayos

Este ensayo se realizó en la estación experimental del ICTA en Chimaltenango (1800 MSNM, 18°C); evaluándose, en casa de mallas techada de vidrio y ventanas inferiores de cedazo, las combinaciones resultantes entre 6 cepas promisorias y dos variedades de frijol arbustivo y un control que se utilizó para evaluar las cepas nativas existentes.

### 2. Descripción y obtención de las cepas de RHIZOBIUM

En este ensayo las cepas de Rhizobium que se evaluaron son 6; las cuales forman parte de la colección del Instituto Centro Americano de Investigación y Tecnología Industrial, (ICAITI). De las mismas, 3 cepas de Rhizobium fueron aisladas dentro del convenio ICTA-ICAITI por el proyecto de Fijación Biológica de Nitrógeno, de plantas de frijol encontradas en Guatemala con nódulos grandes y rosados. Las 3 cepas restantes fueron traídas en ampollas liofilizadas de centros de investigación internacionales.

El origen de identificación con el que se reconocen actualmente las cepas de Rhizobium mencionadas son:

- ICAITI 0063 (cepa 1):  
Recibida de NifTAL - Hawaii, TAL 182
  
- ICAITI 0091 (cepa 2):  
Recolectada en el municipio de Asunción Mita.  
Aldea Shanshul, Departamento de Jutiapa, Guatemala.
  
- ICAITI 0093 (cepa 3):  
Recolectada en la aldea Moritas, Municipio de Asunción Mita  
Departamento de Jutiapa, Guatemala.
  
- ICAITI 0104 (cepa 4):  
Recibida de CIAT, CIAT 652
  
- ICAITI 0074 (cepa 5):  
Recolectada en el municipio de Tecpán  
Departamento de Chimaltenango, Guatemala.
  
- ICAITI 0032 (cepa 6):  
Recibida de MIRCEN, Porto Alegre, Brasil. B491

### 3. Medio utilizado para el cultivo del RHIZOBIUM

El medio que se utilizó para este proceso es el de Vincent con manitol y extracto de levadura.

### 4. Variedades de frijol (Phaseolus vulgaris)

Las variedades de frijol seleccionadas para este estudio fueron: ICTA - San Martín e ICTA - Parramos. Las dos son recomendadas comercialmente por el Programa de frijol del ICTA por su alto rendimiento.

4.1 Descriptores de la variedad ICTA - San Martín:

Origen	Mejoramiento por selección de la variedad criolla vaina blanca de San Martín Jilotepeque.
Días inicio de floración	42 - 46
Días a cosecha	98 - 105
Hábito de crecimiento	Indeterminado arbustivo
Peso de 100 semillas	24 gr.
Color de la semilla	Negra
Brillo de la semilla	semi opaco
Forma de la semilla	Ovoide

4.2 Descriptores de la variedad ICTA - Parramos

Origen	Compuesto Chimalteco-2 X FF 1320.
Días inicio de floración	51
Días a cosecha	115 a 120
Hábito de crecimiento	Indeterminado arbustivo
Peso por 100 semilla	20 gr.
Color de la semilla	Negra
Brillo de la semilla	Intermedio
Forma de la semilla	alargada

5. Diseño experimental y descripción de los tratamientos.

El diseño experimental consistió en parcelas divididas en bloques al azar con 4 repeticiones, en las cuales cada unidad experimental estuvo constituida por una maceta o pote con 2 plantas cada una. Dichos tratamientos se resumen en el Cuadro 1.

El ensayo estuvo constituido por 22 tratamientos con 4 repeticiones, haciendo un total de 88 macetas.

Los tratamientos con fertilización nitrogenada se utilizaron como testigos comparativos de la eficiencia en la fijación simbiótica en las distintas combinaciones evaluadas. El tratamiento con bajo contenido de nitrógeno sin inoculación se utilizó para observar el comportamiento de las cepas nativas presentes en el suelo.

#### Cuadro 1. Descripción del ensayo

##### Variedades utilizadas

VARIEDAD No. 1 ----- ICTA - SAN MARTIN

VARIEDAD No. 2 ----- ICTA - PARRAMOS

##### Tratamientos utilizados en el ensayo:

TESTIGO ---- Sin inoculación y sin nitrógeno mineral (cepas nativas).

CEPA 1 ---- ICAITI-0063 (TAL 182)

CEPA 2 ---- ICAITI-0091 (SHANSHUL)

CEPA 3 ---- ICAITI-0093 (MORITAS)

CEPA 4 ---- ICAITI-0104 (CIAT 652)

CEPA 5 ---- ICAITI-0074 (TECPAN)

CEPA 6 ---- ICAITI-0032 (MIRCEN 491)

NIVEL 1 ---- 20 kg. de nitrógeno/ha.

NIVEL 2 ---- 40 kg. de nitrógeno/ha.

NIVEL 3 ---- 80 kg. de nitrógeno/ha.

NIVEL 4 ---- 160 kg. de nitrógeno/ha.

## 6. Manejo del experimento

Se colectó suelo en lotes en donde anteriormente se había sembrado trigo, se homogenizó y se realizó un análisis en el laboratorio. En base a los resultados de este análisis se procedió a realizar las correcciones llevándolo tres veces arriba de sus niveles críticos.

Para la inoculación y peletización de la semilla se utilizaron 0.3g de inóculo, 0.3 ml de goma arábiga y 0.3 gramos de peleta (carbonato de calcio en polvo) por cada 10 gramos de semilla. La concentración de los inoculantes utilizados fue de  $10^8$  bacterias por g. en general. Para determinar la concentración del inoculante se realizó un recuento en placa tomando muestra de la turba.

Se sembraron 4 semillas por maceta cuya germinación se observó alrededor de los 8 días, luego se efectuó un raleo dejando únicamente 2 plantas por maceta con el fin de que no existiera competencia en el desarrollo de las plantas.

Se cubrió la superficie de cada una de las macetas con una cantidad adecuada de granito mármol para ayudar a la refracción del calor y evitar contaminación entre las mismas.

El riego se aplicó por capilaridad hasta cuando el suelo de las macetas o potes llegara a capacidad de campo aproximadamente.

## 7. Evaluación

Para la variedad ICTA-San Martín se cosechó a los 39 días después de la siembra, y para la variedad ICTA-Párramos a los 44 días después de la siembra, tomando en cuenta que el período de floración de las variedades a evaluar es distinto.

Los parámetros fueron los siguientes:

- a. Nodulación (tamaño, color, número).
- b. Peso de materia seca de la parte aérea de las plantas cortadas a nivel de la corona de la raíz.
- c. Contenido de nitrógeno total por planta (Kjeldhal).

CLAVE

Frijoles arbustivos.

Código	No. de nódulos rojos o rosados.	
1	----- Más de 80	
2*	-----	Ejemplo:
3	----- 41 a 80	30 grandes = 4
4*	-----	30 medianos = 5
5	----- 21 a 40	30 pequeños = 6
6*	-----	
7	----- 10 a 20	
8	-----	
9	----- Menos de 10	

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se presentan los promedios obtenidos para las variables nodulación, peso seco, nitrógeno total y % de nitrógeno, en los tratamientos bajo estudio. Una observación general a esos datos permite visualizar que existen diferencias entre las combinaciones variedad de frijol-cepa de rizobio.

En la variedad ICTA San Martín sobresalen las cepas ICAITI 0063 (FAL 182) e ICAITI 0074 (Tecpan) en lo que a nodulación se refiere, presentando también los mayores valores de materia seca y de nitrógeno total.

El testigo constituido por las cepas nativas en un suelo con bajo contenido de nitrógeno mineral, constituyó uno de los



tratamientos que menos noduló, reportando también los valores más bajos de materia seca y nitrógeno total. Podría sugerirse que las cepas mencionadas compiten efectivamente con las cepas nativas presentes en ese suelo.

Un dato curioso se presenta en el tratamiento constituido por el más alto nivel de nitrógeno mineral (160 kg/ha), que presentó el mayor valor de nodulación, materia seca y nitrógeno total, entre todos los tratamientos en donde intervino ICTA San Martín.

En la variedad ICTA-Parramos todas las cepas nodularon mejor que el testigo, sobresaliendo las cepas TAL 182 y CIAT 652 que reportaron los valores más altos de materia seca y nitrógeno total, superando en este último a los tratamientos con nitrógeno mineral.

Se realizaron análisis de varianza (Anova) para las variables Nodulación (escala 1-9 expresada con transformación raíz cuadrada); Peso de materia seca; Nitrógeno total; y % de Nitrógeno (expresada con transformación angular).

El ANOVA para Nodulación reportó diferencias significativas en las siguientes fuentes de variación: variedades de frijol, tratamientos (cepas de Rhizobium y niveles de nitrógeno) y variedades x tratamientos.

En el Cuadro 3 se presenta la prueba de Tukey para la interacción variedad x tratamiento, siendo estadísticamente iguales la combinación de ICTA-Parramos con todas las cepas de rizobio y las cepas C1, C2, C4, C5 y C6 con la variedad ICTA San Martín.

El nivel más alto de nitrógeno químico en ambas variedades de frijol, forma parte de este grupo estadísticamente igual en nodulación y superior a  $N_1V_1$ ,  $N_2V_2$ ,  $N_3V_1$ ,  $N_3V_2$ ,  $C_3V_1$  y Nativas  $V_1$ .

Por otro lado, el ANOVA para materia seca, presentó diferencias al 1% de significancia únicamente para la fuente de variación: variedades de frijol.

Lo mismo se observa en el ANOVA para porcentaje de nitrógeno en donde las diferencias entre variedades de frijol son al 5% de significancia. Para nitrógeno total no se presentaron diferencias estadísticas para ninguna fuente de variación.

Lo anteriormente expuesto sugiere un "buen comportamiento" de la simbiosis entre las 2 variedades de frijol y las cepas de Rhizobium phaseoli objeto de este estudio, ya que no difieren estadísticamente de los tratamientos con nitrógeno mineral en lo referente a materia seca, nitrógeno total y % de nitrógeno.

Si se integra nodulación, peso de materia seca y contenido de nitrógeno total, tienden a ser superiores las cepas no. 1 (NifTAL 182); no. 4 (CIAT 652), ambas de reconocido prestigio; y la cepa no. 5 (Tecpan) colectada en Tecpan - Chimaltenango.

Cuadro 2. Nodulación, peso de materia seca, nitrógeno total y % de nitrógeno presentados por 6 combinaciones de frijol común-rizobio, en comparación con 4 tratamientos de nitrógeno mineral y el testigo (cepas nativas).

Tratamiento		Nodulación (1-9)	Materia seca (g/pl)	Nitrógeno total (g/pl x 10 <sup>-2</sup> )	% N
ICTA San Martín - 0063	(TAL 182)	4.50	1.39	4.605	3.31
"	0091 (SHANSHUL)	5.25	1.38	4.347	3.15
"	0093 (MORITAS)	6.00	1.20	3.780	3.15
"	0104 (CIAT 652)	5.25	1.24	3.880	3.13
"	0074 (TECPAN)	4.50	1.48	5.480	3.70
"	0032 (MIRCEN 491)	5.75	1.28	4.160	3.25
"	<u>Testigo</u>	6.00	1.05	3.544	2.38
"	N <sub>20</sub>	6.25	1.27	3.950	3.11
"	N <sub>40</sub>	4.75	1.48	4.850	3.28
"	N <sub>80</sub>	6.25	1.58	4.740	3.00
"	N <sub>160</sub>	3.00	1.69	5.820	3.44
ICTA Parramos - 0063	(TAL 182)	4.00	2.29	6.270	2.74
"	0091 (SHANSHUL)	3.75	1.98	5.130	2.59
"	0093 (MORITAS)	3.50	2.13	6.170	2.90
"	0101 (CIAT 652)	3.00	2.35	6.130	2.60
"	0074 (TECPAN)	3.50	2.17	5.170	2.39
"	0032 (MIRCEN 491)	2.75	2.01	5.680	2.84
"	<u>Testigo</u>	5.00	2.08	4.390	2.09
"	N <sub>20</sub>	3.50	2.11	5.570	2.65
"	N <sub>40</sub>	6.00	2.18	5.550	2.49
"	N <sub>80</sub>	6.00	2.37	4.640	1.97
"	N <sub>160</sub>	4.50	2.01	4.780	2.87

(Promedios de 4 repeticiones)

Cuadro 3. Interacción entre variedades y tratamientos de inoculación y fertilización para la variable nodulación.

Variedad x tratamiento	Media de nodulación escala de 1-9)
$C_6 V_2$	2.75 a (*)
$C_4 V_2$	3.00 a b
$N_4 V_1$	3.00 a b
$N_1 V_2$	3.50 a b c
$C_3 V_2$	3.50 a b c
$C_5 V_2$	3.50 a b c
$C_2 V_2$	3.50 a b c
$C_1 V_2$	4.00 a b c
$N_4 V_2$	4.50 a b c
$C_5 V_1$	4.50 a b c
$C_1 V_1$	4.50 a b c
$N_2 V_1$	4.75 a b c
Test. $V_2$	5.00 a b c
$C_4 V_1$	5.25 a b c
$C_2 V_1$	5.25 a b c
$C_6 V_1$	5.75 a b c
$N_2 V_2$	6.00 b c
Test. $V_1$	6.00 b c
$N_3 V_2$	6.00 b c
$C_3 V_1$	6.00 b c
$N_3 V_1$	6.25 c
$N_1 V_1$	6.25 c

No. observaciones = 4

(\*) Valores con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey  $P = 0.01$ ).

$V_1$  = ICTA San Martín

$V_2$  = ICTA Parramos

XVI. EFECTO DEL FOSFORO Y LA INOCULACION  
SOBRE LA NODULACION Y EL RENDIMIENTO EN SOYA

R. Valenzuela  
R. Candia

INTRODUCCION:

Según diferentes investigadores, el fósforo es el nutriente más importante para que en interacción con plantas y bacterias fijadoras de  $N_2$  se obtengan mejores rendimientos en el cultivo de leguminosas. Vidor et al. (1983)\* indican que este elemento desempeña función preponderante en la producción de proteínas, desarrollo de raíces y de la parte aérea de la planta, por lo cual su deficiencia afecta severamente la nodulación y producción de compuestos nitrogenados.

Ensayos de fertilización fosfórica en soya, realizados por Keya (1975)\*\*, demuestran incrementos al 61% en la producción de grano. Por otra parte, Vidor et al (1983) indican que la aplicación de dosis crecientes de fósforo reflejan pronunciados incrementos en número, peso de nódulos y fijación de  $N_2$ .

Es necesario determinar cuál es la cantidad favorable de fertilizante por hectárea, de manera que su utilización nos

---

\* VIDOR, C. et al. (1983). Fixacao biologica de nitrogenio pela simbiose entre Rhizobium y leguminosas. IPAGRO, Bol Téc. No. 11, Brasil. 52 p.

\*\* KEYA, S.D. (1975). Nodulation and nitrogen fixation in legumes. In: Biological Nitrogen Fixation in Farming Systems of the Tropics. Ed. by A. Ayanaba and P.J. Dart. Idaban-Nigeria. pp. 377.

permita organizar sistemas de producción agrícola económicos y rentables.

Se evaluó el efecto de la fertilización fosfórica con el objetivo de determinar su influencia sobre la nodulación, fijación del nitrógeno atmosférico y rendimiento de soya, en dos zonas de Santa Cruz de la Sierra.

#### MATERIALES Y METODOS:

Ubicación: E.E.A.S. y Okinawa-1

Diseño: parcelas divididas en bloques al azar con tres repeticiones.

Soya variedad: IAC-8

Fecha de siembra: 2 de Diciembre/85 en la E.E.A.S. y el 9 de Noviembre/85 en Okinawa.

Distancia entre surcos: 60 cm

Distancia entre plantas: 8-10 cm

Suelos: en la E.E.A.S. (Lote C-1), textura: franco arcillo-arenoso; M.O.: 1,5%; N. total: 0,10% (Microkjeldahl); fósforo: 5,4 ppm (olsen modificado); potasio: 0,30 m.e./100 g de suelo, pH: 6,9. En Okinawa-1, textura: franco arcillo limoso; M.O.: 2,6%; N. total: 0,15% (Microkjeldahl); fósforo: 5,2 ppm (Olsen modificado); potasio: 0,19 m.e./100 g de suelo; pH: 8,0; Fertilizante: Super fosfato. En la E.E.A.S.: 3 niveles: 0,60, y 120 kg/ha. En Okinawa-1: 3 niveles: 0, 40 y 80 kg/ha. Inoculantes: E.E.A.S.: Nitrobiol (cepa 5019) Nitrobiol (cepa 587) Okinawa-1: Nitrobiol (cepa 587). Procedencia de cepas: MIRCEN-IPAGRO, RGS-Brasil Control malezas: dos carpidas manuales Control insectos: Thionex 0,8 l/ha

Area cosechada: 6 m<sup>2</sup>/subparcela

Datos estudiados: número y peso seco de nódulos, peso

seco/planta, número de vainas/planta,  
rendimiento de grano.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza del experimento de Saavedra reveló efecto positivo y altamente significativo de la fertilización fosfórica sobre la producción de grano (Cuadro 1) y no así sobre número y peso de nódulos, peso follaje y número de vainas (Cuadro 2).

Tal como se observa en el Cuadro 1, donde la aplicación de 120 kg/ha de fósforo aumenta el rendimiento significativamente 24% más, en comparación al tratamiento de 0 kg/ha.

La inoculación no tuvo ningún efecto significativo sobre los parámetros evaluados (Cuadro 2). El tratamiento no inoculado resulta con un rendimiento mayor en 21% respecto al tratamiento inoculado con la cepa 5019 y 11% más que el tratamiento con la cepa 587. Esto puede indicar que la actividad de las bacterias preestablecidas es alta o que existiría mayor influencia de fósforo sobre las bacterias nativas.

En el experimento en Okinawa-1, se observa un efecto significativo debido a la inoculación en: número y peso seco de nódulos, así como en peso seco de follaje, pero no en el número de vainas y rendimiento (Cuadro 3). Para el tratamiento con fósforo no existe significancia estadística en ninguna de las observaciones.

En este ensayo la nodulación del tratamiento inoculado (76 nódulos/planta) es aumentada de un promedio de 34 (nódulos/planta), que significa un incremento de 123% (Cuadro 4).

Ocurre lo mismo con el peso seco de follaje ya que se incrementa en un 36% respecto al peso del tratamiento no inoculado (Cuadro 5).

#### CONCLUSIONES:

- El rendimiento de soya en el experimento de la E.E.A.S. fué aumentado 0.49 t/ha como resultado de la aplicación de 120 kg de fósforo/ha.
- Se atribuye la influencia del fósforo, directamente sobre la planta y no así sobre la nodulación y fijación del nitrógeno atmosférico.
- Con la aplicación de fósforo, se obtienen incrementos mínimos, pero no significativos, para el ensayo de Okinawa-1, lo que sugeriría que P no es un factor limitante en este sitio.
- Los diferentes niveles de fertilización para los dos experimentos, en suelos con prácticamente igual contenido natural de fósforo, dieron la posibilidad de apreciar diferentes influencias que permiten organizar un ensayo más aprovechable.
- Los resultados sugieren que si bien el fósforo es importante y podrían obtenerse mejores resultados en experimentos posteriores, conviene analizar la influencia del potasio y elementos menores.



CUADRO 1. Comparación de rendimientos (t/ha) para los tratamientos de fósforo e inoculación. Estación Experimental Agrícola de Saavedra. Año 1985-86.

Fósforo	Inoculación			Medias fósforo (*)	aumento respecto al tratamiento menor (%)
	-	+(5019)	+(587)		
120	2,60	2,36	2,44	2,47 a	24
60	2,38	1,79	2,33	2,17 ab	9
0	2,29	1,87	1,78	1,98 b	-
Med. Inoc.	2,42	2,00	2,18		

(\*) = Las medias seguidas de la misma letra, no presentan diferencias significativas a P = 0.01

CUADRO 2. Efecto de la aplicación de fósforo sobre las observaciones realizadas en el experimento de la Estación Experimental Agrícola de Saavedra. Año agrícola 1985-86.

Inoculante	Dosis de fósforo (kg/ha)	No.de nódulos	Peso seco nódulos (g)	Peso seco follaje planta (g)	No.de vainas/
-	0	79	1,80	223,07	81
	60	41	1,71	183,37	79
	120	49	0,92	226,17	72
+ 5019	0	70	1,42	133,00	56
	60	64	1,40	147,20	55
	120	60	0,99	116,70	57
+ 587	0	74	1,59	126,17	68
	60	74	1,53	135,53	74
	120	61	1,39	153,13	63

Los efectos de los tratamientos de fósforos e inoculación no fueron significativos.

CUADRO 3. Efecto de la aplicación de fósforo sobre las observaciones realizadas en el experimento en Okinawa-1. Año agrícola 1985-1986.

Inocu- lante*	Dosis de fósforo (kg/ha)	No.de nodu- los	Peso seco nódulos (g)	Peso seco follaje (g)	No.de vainas/ planta	Rend. t/ha
-	0	37	0,75	139,17	90	1,85
	40	30	0,90	134,07	74	2,24
	80	34	0,72	147,20	58	2,25
+ 587	0	71	1,25	193,03	62	1,88
	40	66	1,08	177,23	82	2,20
	80	92	1,25	202,20	105	2,22

CUADRO 4. Comparación de las medias del número de nódulos/planta del experimento de Okinawa-1. Año agrícola 1985-86.

Inocu- lación	Fósforo			Medias de inoculación (*)	% de aumento
	0	40	80		
-	37	30	34	34 a	-
+	71	66	92	76 b	123
Medias fósforo	54	48	63		

\* medias diferentes a P = 0.05

CUADRO 5. Comparación de las medias del peso seco follaje (g), experimento Okinawa-1. Año agrícola 1985-86.

Inocu- lación	Fósforo			Medias de inoculación (*)	% de aumento
	0	40	80		
-	139,17	134,07	147,20	140,15 a	-
+	193,03	177,23	202,20	190,82 b	36%
Medias fosforo	166,10	155,65	174,70		

\* medias diferentes a P = 0.05

XVII. EFECTO DE LA INOCULACION DE TRES VARIEDADES DE SOYA  
EN COMPARACION CON FERTILIZACION NITROGENADA

A.M. Mostacedo

F. Navarro

R. Valenzuela

**INTRODUCCION**

Con el objetivo de determinar la influencia de la fertilización química nitrogenada sobre la producción de grano y la eficiencia de la inoculación de tres variedades de soya, se estableció un ensayo en la Estación Experimental Andrés Gómez de Abapó-Izozog; en un suelo franco-limoso con bajo contenido de materia orgánica (1%) y ligeramente alcalino (pH: 7,8).

**MATERIALES Y METODOS:**

Ubicación: La zona del Proyecto Abapó-Izozog, está definida como reserva fiscal que comprende 725.000 has, ubicada a los 18° y 19' de latitud sur y 62° 25' de longitud oeste. El ensayo experimental se realizó en el pozo No. 9 sub-tablón 9C-1.

Diseño: Parcelas sub divididas en bloques al azar con tres repeticiones. Parcela principal: variedades Cristalina, DOKO e IAC-8. Sub-parcelas: Dos niveles de úrea; 0 y 196 kg/ha al boleó. Sub-sub parcela: Cuatro tratamientos: tres inoculantes y un testigo sin inoculación.

Tamaño: 2,4 m x 6 m = 14.4 m<sup>2</sup>.

Fecha de siembra: 15 de mayo, 1986.

Distancia entre surcos: 0,40 m.

Análisis de suelo: M.O. 1% (bajo contenido)  
 Calcio 5,8 me/100 g de suelo  
 Fósforo 13,3 ppm (olsen modificado)  
 C I C: 8,84 me/100 g de suelo  
 Nitrógeno: 0,05% (bajo)  
 pH: 7,8 (ligeramente alcalino)

Fertilizante: Urea (46% N) 196 kg por ha.

Inoculantes: Nitrobiol-con cepa 587 de IPAGRO-MIRCEN  
 Nitrobiol-con cepa 5019 de IPAGRO-MIRCEN  
 Nitrogen, producto comercial del Brasil con cepas  
 587 y 5019.

Control de malezas: 3 carpidas manuales

Control de Insectos: Nuvacrón 0,5 l/ha.

Area útil cosechada: 4 m<sup>2</sup>.

Datos estudiados: Número y peso de nódulos.  
 Peso seco plantas.  
 Vainas por planta.  
 Peso de 100 semillas.  
 Rendimiento.

## RESULTADOS Y DISCUSION:

### Número de Nódulos

El promedio general del número de nódulos que se observa en los cuadros 1 y 2 muestran que 26 nódulos/planta obtenidos cuando no se fertilizó el campo, es significativamente superior al promedio de 12 nódulos/planta del tratamiento fertilizado.

En el Cuadro 1 se observa que la variedad IAC-8 cuando no es fertilizada, tiene más nódulos que los otros genotipos. Sin embargo, la fertilización inhibe significativamente la nodulación en las variedades IAC-8 y Cristalina, pero no en DOKO.

Cuadro 1: Efecto de la fertilización sobre el número de nódulos por planta en las diferentes variedades.

VARIEDADES	F E R T I L I Z A C I O N		PROMEDIO
	0 kg de N/ha	90 kg de N/ha	
IAC-8	39 a	11 b	25
DOKO	11 a	14 a	12
CRISTALINA	29 a	11 b	20
PROMEDIO GENERAL	26	12	19

-----  
 Comparaciones horizontales, medias seguidas de una misma letra no difieren significativamente entre sí por la prueba DMS al 5% de probabilidad.

En el Cuadro 2 se observa que no hubo una interacción Inoculante-Fertilización. El Nitrobiol (587) dió la respuesta mayor en los dos tratamientos de fertilización. No hay nodulación sin inoculación.

Cuadro 2: Efecto de la fertilización sobre el número de nódulos/planta para los tratamientos de inoculación. (medias de tres variedades).

INOCULANTES	F E R T I L I Z A C I O N		PROMEDIO*
	0 kg de N/ha	90 kg de N/ha	
Nitrobiol (587)	50	20	35 a
Nitrobiol (5019)	31	17	24 ab
Nitrogen	25	11	18 b
Sin Inoculante	0	0	0 c

\* Medias seguidas de una misma letra, no difieren significativamente entre sí. (Prueba de DMS al 5% de probabilidad).

Peso seco de Nódulos

En los Cuadros 3 y 4 se encuentra la comparación de fertilización para inoculantes y para variedades. Las tendencias fueron similar a las de número de nódulos. El promedio del peso seco de nódulos cuando no se fertilizó fue de 141 g comparado al promedio de 51 g cuando se fertilizó el campo. Esto indica que la fertilización nitrogenada inhibe significativamente la masa nodular.

Cuadro 3: Efecto de la fertilización sobre el peso seco (mg) de nódulos/6 plantas para los diferentes tratamientos de inoculación.

INOCULANTES	FERTILIZACION		PROMEDIO*
	0 kg de N/ha	90 kg de N/ha	
Nitrobiol (587)	259	74	166 a
Nitrobiol (5019)	176	76	126 ab
Nitrogen	130	52	91 b
Sin Inoculante	0	0	0 c
PROMEDIO GENERAL	141	51	96

\* Medias seguidas de una misma letra no difieren significativamente entre sí. (Prueba de DMS al 5% de probabilidad).

En el Cuadro 3, los promedios del peso seco de nódulos según los diferentes inoculantes, muestran que con Nitrobiol 587 hay mayor peso que con Nitrógeno.

Cuadro 4: Efecto de la fertilización sobre el peso seco (mg) de nódulos/6 plantas de las tres variedades.

VARIETADES	F E R T I L I Z A C I O N		PROMEDIO
	0 kg de N/ha	90 kg de N/ha	
IAC-8	216 a	30 b	123
DOKO	34 a	62 a	48
CRISTALINA	174 a	60 b	117

-----

Comparaciones horizontales, medias seguidas de una misma letra no difieren significativamente entre sí por la prueba DMS al 5% de probabilidad.

El peso de los nódulos de las variedades IAC-8 y Cristalina es mayor cuando no existe fertilización, pero, parecería que incentiva la nodulación en DOKO aunque no significativamente (Cuadro 4).

#### Peso Seco de 6 Plantas

En el Cuadro 5 se demuestra los efectos de fertilización e inoculación sobre el peso seco de las plantas. No hay diferencias significativas (DMS 0.05) entre los tratamientos pero hay una tendencia en las variedades IAC-8 y Cristalina de un aumento en el peso seco por planta debido al fertilizante nitrogenado, siendo más notorio en los tratamientos sin inoculación. En la variedad DOKO la tendencia es lo contrario, ya que se observa mayor peso de plantas sin fertilización. Es posible que la variedad DOKO preferentemente aprovecha el nitrógeno fijado que el fertilizante químico nitrogenado.

Número de Vainas por Planta

En el Cuadro 6 se observa el efecto de la fertilización sobre el número de vainas por planta para cada una de las variedades. Solamente la variedad Cristalina tiene significativamente mayor número de vainas por efecto de la fertilización nitrogenada.

Cuadro 5: Comparación de peso seco (g) de seis plantas para los diferentes tratamientos.

Variedades	Fertilización	I N O C U L A C I O N			
		Nitrobiol (587)	Nitrobiol (5019)	Nitrogen	Sin Inoc.
IAC-8	0 kg N/ha	56,47	46,13	48,40	53,87
	90 kg N/ha	60,97	52,67	52,10	66,27
DOKO	0 kg N/ha	60,70	56,77	53,47	59,57
	90 kg N/ha	48,23	48,37	47,00	58,80
CRISTALINA	0 kg N/ha	49,27	58,87	49,27	51,13
	90 kg N/ha	56,43	58,03	54,50	60,50



Cuadro 6: Efecto de la fertilización sobre el número de vainas por planta de las tres variedades.

VARIETADES	FERTILIZACION		PROMEDIO
	0 kg de N/ha	90 kg de N/ha	
IAC-8	38 a	37 a	37
DOKO	44 a	41 a	42
CRISTALINA	38 b	45 a	41
PROMEDIO GENERAL	40	41	40

-----

Comparaciones horizontales, medias seguidas de una misma letra no difieren significativamente entre si, por la prueba DMS al 5% de probabilidad.

La comparación entre variedades, cuando no se fertilizó el campo, muestra sin diferencia a IAC-8 y Cristalina, pero la variedad DOKO tiene significativamente mayor número de vainas que las anteriores.

La actividad de los inoculantes para la formación de vainas, se resume en el Cuadro 7:

Cuadro 7: Comparación del promedio general del número de vainas en función a la inoculación. Medias para las tres variedades, con y sin fertilización.

Observación	INOCULANTES			
	Sin Inoculante	Nitrogen	Nitrobiol 587	Nitrobiol 5019
Número de Vainas por Planta	38 b	40 a b	42 a b	43 a

-----

Medias seguidas de una misma letra no difieren significativamente entre sí. (Prueba DMS al 5% de probabilidad).

No existe diferencia significativa entre inoculantes y solamente el inoculante Nitrobiol (5019) es significativamente eficiente para mayor formación de vainas, cuando se compara con el tratamiento sin inoculación.

Peso de 100 semillas

El efecto de la inoculación y fertilización sobre el peso de la semilla, se detalla en el Cuadro 8.

Cuadro 8: Peso de 100 semillas para los diferentes tratamientos de inoculación.

Inoculantes	Fertilización	
	-N	+N
Nitrobiol (5019)	18.12 a	17.36 a
Nitrobiol (587)	17.39 ab	17.04 a
Nitrogen	16.87 b	15.47 b
-Inoculante	16.24 b	17.6 a

Medidas seguidas de una misma letra no difieren significativamente entre sí. (Prueba DMS 5% de probabilidad).

En el tratamiento sin fertilización, la inoculación con (5019) aumentó el tamaño de la semilla en comparación con los tratamientos sin inoculante y con el inoculante Nitrogen. En las parcelas fertilizadas, únicamente en el tratamiento (Nitrogen) se produjeron semillas mas pequeñas que las demas.

### Rendimiento de Grano

El rendimiento del ensayo fué de 1.341 kg/ha que se encuentra próximo al rendimiento de la zona en cultivo de invierno, que es de 1.500 kg/ha (Navarro, F. 1987, Comunicación personal).

El Cuadro 9 muestra los rendimientos de grano para las tres variedades, de acuerdo a los tratamientos de inoculación.

El inoculante Nitrobiol (5019), aumentó significativamente el rendimiento promedio de las variedades. Pero esto fué principalmente debido a la respuesta en la variedad DOKO.

Cuadro 9: Influencia de la inoculación sobre el rendimiento de grano en las tres variedades. (kg/ha).

Variedades	I N O C U L A N T E S				Promedio
	Sin Inoculación	Nitrogen	Nitrobiol (5019)	Nitrobiol (587)	
IAC-8	1.460	1.184	1.293	1.422	1.340
DOKO	1.036 b	1.313 b	1.787 a	1.346 b	1.371
Cristalina	1.292	1.163	1.486	1.304	1.311
Promedio	1.263 b	1.220 b	1.522 a	1.357ab	1.341

Medias seguidas de una misma letra no difieren significativamente entre sí. (Comparaciones horizontales por la prueba DMS al 5% de probabilidad).

En el Cuadro 10 se muestra la comparación de los promedios de los genotipos en rendimiento con la inoculación para los tratamientos sin y con fertilizantes nitrogenados.

Cuando no se fertilizó el campo, el rendimiento obtenido con el inoculante local Nitrobiol (5019), es significativamente superior al rendimiento del testigo (sin inoculación). No existe diferencia significativa en comparación a los otros inoculantes.

Cuando se fertilizó el campo, el rendimiento del tratamiento "Nitrogen" fué significativamente inferior a los otros tratamientos.

Cuadro 10: Efecto de la fertilización química sobre la actividad de los Inoculantes para el aumento de la producción de grano. (kg/ha).

Inoculación	F E R T I L I Z A C I O N	
	0 kg de N/ha	90 kg de N/ha
Nitrobiol (587)	1.382 ab	1.333 a
Nitrobiol (5019)	1.530 a	1.515 a
Nitrogen	1.409 ab	1.030 b
Sin Inoculación	1.173 b	1.353 a
Promedio	1.374	1.308

\* Medias seguidas de una misma letra no difieren significativamente entre sí.

**CONCLUSIONES:**

- La falta de nódulos en los tratamientos sin inoculación, demuestra la falta de *Rhizobium* nativo o naturalizado en los suelos del área experimental, lo que hace muy importante y provechosa la práctica de inoculación de la semilla.
- La fertilización nitrogenada, inhibe la actividad de los inoculantes, posibilitando una disminución en el número de nódulos por planta y en el tamaño de los mismos.
- El incremento de 73% en el rendimiento de la variedad DOKO (751 kg mas de grano por ha), es el mayor aumento alcanzado por inoculación en Santa Cruz.

XVIII. EVALUACION DE CEPAS DE Bradyrhizobium japonicum  
EN SOYA EN EL VALLE DEL CESAR, COLOMBIA

Joaquin García P.  
Margarita Ramirez  
Fernando Munevar

INTRODUCCION

La asociación rizobio-leguminosa para fijación de nitrógeno es ampliamente conocida como un recurso para reducir costos de fertilizantes no solamente en cultivos de soya, sino en una amplia gama de leguminosas.

La soya puede requerir para alcanzar buenos rendimientos aproximadamente 125 kg/ha de nitrógeno por ciclo de cultivo. En general las cantidades de nitrógeno fijado por la asociación Bradyrhizobium japonicum - Glycine max varían entre 57 y 240 kg/ha/año, lo cual permite ver la capacidad de esta asociación en cuanto a fijación de nitrógeno.

La respuesta en producción al mejorar esta asociación simbiótica es debida tanto a la cepa de rizobio utilizada como al genotipo de soya cultivada.

Debido al potencial que tiene la soya como cultivo de rotación para el algodón en el Valle del César, se ha investigado por varios años sobre inoculación de esta especie y el comportamiento de cepas de B. japonicum. Los objetivos específicos de la investigación fueron:

1. Estudiar la abundancia de B. japonicum establecido en los suelos de la región.

2. Determinar la necesidad de inoculación de la soya para obtener altos rendimientos.
3. Seleccionar cepas efectivas a *B. japonicum*, para la elaboración de inoculantes.
4. Comparar los rendimientos obtenidos al inocular, con aquellos obtenidos al colocar diferentes dosis de fertilizante nitrogenado.
5. Evaluar en el campo los inoculantes producidos en una planta piloto.

#### **MATERIALES Y METODOS**

A continuación se anotan los aspectos metodológicos utilizados en los experimentos realizados en los años 83-86.

La inoculación se realizó utilizando turba de la Estación Experimental del ICA "La Selva" localizada en Río Negro (Antioquia) cuyas características pueden observarse en la Tabla 1. La dosis empleada fué de seis gramos de inoculante por kilogramo de semilla y se empleó como adherente una solución de azúcar al 10%.

La turba fue esterilizada durante una hora por tres días consecutivos a una temperatura de 121°C en autoclave. El recuento de células del inoculante mostró en todos los casos una cantidad superior al  $1 \times 10^8$  células/gramo de turba después de la maduración del inoculante. Se empleó el método de recuento de células en cajas de petri, utilizando medio de levadura manitol. Origen de las cepas utilizadas: J01 de Florida, J02 y J12 de Brasil, J03 y J04 de Zimbabwe.

Se emplearon dos clases de diseños experimentales según los requerimientos de los experimentos: Bloques al azar y parcelas divididas con 3 repeticiones. Las parcelas estaban constituidas por 4-5 surcos distanciados 60 cm entre sí y de 10 metros de longitud. Dos surcos de la parcela se emplearon para medir rendimiento, uno para muestreo destructivo y dos surcos de borde.

La investigación se adelantó en dos fincas del municipio de Codazzi (César). En la Tabla 2, se observan las características de los suelos del César donde se realizaron los experimentos.

#### **Evaluaciones:**

Se realizaron muestreos destructivos en tres estados de desarrollo del cultivo: 20 días después de la germinación; 40-45 días después de la germinación (inicio de floración); 60-65 días después de la germinación (inicio de formación de vainas), con la finalidad de evaluar número de nódulos, peso seco de nódulos, y peso fresco y seco de follaje.

Además se determinó el rendimiento como peso seco de grano (dos surcos por parcela), número de plantas por surco, número de vainas por planta y peso de 100 semillas en el momento de la cosecha.

Es de anotar que en este informe se presentarán datos experimentales anteriores al inicio del proyecto especial sobre evaluación, selección y manejo de la simbiosis leguminosa Rhizobio, que han servido de base para la programación de los ensayos posteriores incluidos en este proyecto y que son de gran importancia para observar la evolución en la investigación.



TABLA 1. Característica de la Turba "La Selva"

pH:	5.1
M.O. %	28.3
P (ppm, Bray II)	2
Al (meq/100 g):	2.7
Ca "	0.28
Mg "	0.15
K "	0.21
N "	0.21
C.E. mmhos/cm	0.38
Fe ppm	92
Cu ppm	1.2
Mn ppm	4.4
Zn ppm	0.7
B	0.27
Textura	Franca

Tabla 2. Características de los suelos del César

Localidad Textura	pH	M.O. %	P ppm	CE mmhos (cm)	Ca	Mg meq/100 gr de suelo	K	Na	CIC
Ana María Franco arenosa	6.9	0.5	171	0.35	10.8	2.0	0.50	0.11	13.4
Motilonía Franco arenosa	7.5	1.5	125	0.28	13.2	1.5	0.27	0.14	15.1

## RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se observan los resultados de experimentos de campo tendientes a evaluar la nodulación espontánea de seis genotipos de soya en dos localidades del Cesar, los cuales se realizaron simultáneamente con experimentos de evaluación de inoculación con dos cepas de B. japonicum.

Las Tablas 3, 4 y 5 corresponden a los experimentos localizados en la finca Ana María durante los semestres 1983B y 1984A y en las Tablas 6, 7, 8, 9 y 10, a los realizados en la localidad Motilonia en 1984B.

Tanto en los resultados obtenidos en la localidad de Ana María como en los de Motilonia, se encontró prácticamente una ausencia total de nódulos en las plantas de seis genotipos de soya (Tabla 3, 4 y 6), mientras que en experimentos de inoculación realizados en las mismas fincas (Tablas 5 y 7) se encontró una alta nodulación en los tratamientos inoculados con las cepas ICA J-01 e ICA J-02; los testigos de estos mismos ensayos mostraron baja o nula nodulación confirmando los resultados en las evaluaciones de nodulación espontánea. En la Tabla 8 se puede observar un incremento significativo en el número de vainas de soya en los tratamientos en los cuales la planta cuenta con un buen suministro de nitrógeno ya sea obtenido a través de la inoculación o a través de la fertilización nitrogenada. En la Tabla 9, se observan claramente los beneficios de la inoculación y cómo los tratamientos inoculados superan en rendimiento al testigo con aplicación de nitrógeno y al testigo absoluto. Es importante observar el alto efecto obtenido en la combinación de la variedad soyica P-31 con la Cepa ICA J-01 que supera ampliamente en rendimiento a los demás tratamientos.

La Tabla 10 permite observar el efecto benéfico de la inoculación, favoreciendo el peso de 100 granos.

En términos generales se puede observar que en estos suelos del Valle del Cesar no existen cepas de Bradyrhizobium japonicum capaces de asociarse con la planta de soya; que los niveles de nitrógeno en el suelo son insuficientes para permitir unos altos rendimientos del cultivo y que la inoculación de la planta puede beneficiar al cultivo.

En fases posteriores de la investigación se evaluaron cinco cepas de B. japonicum con diferentes genotipos de soya (ver Tablas 11, 12 y 13).

Como en los ensayos anteriores se observó una muy baja nodulación en los tratamientos testigo absoluto y testigo con aplicación de nitrógeno (Tabla 11). En general las cepas ICA J-12, J-02, J-03 y J-04, presentaron buena nodulación y la Cepa ICA J-02 presentó menor cantidad de nódulos en las dos variedades evaluadas.

Similar respuesta se obtuvo en el peso fresco de parte aérea (Tabla 12) con excepción del testigo al cual se le aplicaron 200 kg de N que presentó alto peso fresco de parte aérea en las dos variedades, siendo similar su respuesta a la obtenida con cuatro de las cinco cepas evaluadas.

En cuanto al rendimiento de soya (Tabla 13) las cepas ICA J-01 e ICA J-04 al igual que el testigo con nitrógeno presentaron los más altos rendimientos y la cepa ICA J-12 y el testigo absoluto los menores rendimientos.

En general el efecto benéfico de la inoculación de la soya puede ser claramente observado en este ensayo, ya que al inocular con las cepas ICA J-01 e ICA J-04 se obtienen resultados similares a los obtenidos al aplicar 200 kg de urea por hectárea en la variedad Soyica P-31, al igual que al

inocular la línea LSY-3 con la cepa ICA J-01, lo cual nos permite seleccionar cepas altamente eficientes en fijación de nitrógeno para soya.

Finalmente se realizó un experimento de evaluación de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado (0,50, 100, 150 y 200 kg/ha de N (urea) y cuatro cepas de B. japonicum (Tabla 14).

Se puede observar que la inoculación con las cepas ICA J-01, J-02 y J-03 no difiere significativamente de la aplicación de 150-200 kg de nitrógeno por hectarea, siendo mayores los rendimientos obtenidos al inocular con cualquiera de estas cepas, a los obtenidos al aplicar 200 kg de nitrógeno por hectárea. Igualmente se puede observar una alta respuesta de la soya al nitrógeno, lo cual indica bajos contenidos de este elemento en el suelo y posiblemente poca eficiencia en la aplicación y/o en la absorción de N proveniente de urea por el cultivo.

Tabla 3. Nodulación de seis genotipos de soya sin inoculación en el Valle del Cesar. Localidad Ana María 1983B.

Genotipo soya	20 d.d.g.	Inicio floración	Inicio de
		F. vainas	
-----			
		----- No. Nódulos . planta <sup>-1</sup> -----	
ICA Tunia	0.0	1.3	5.0
Soyica P-31	0.0	0.0	0.2
Línea 128	0.5	2.5	3.0
Línea 137	0.0	1.5	3.5
Línea 139	0.0	0.0	2.3
Línea 140	0.0	0.0	2.4
Promedio	0.1	0.9	2.7

Tabla 4. Nodulación de seis genotipos de soy sin inoculación en el Valle del Cesar. Localidad Ana María, 1984A.

Genotipo de soya	Estado de Crecimiento		
	Estado 1	Estado 2	Estado 3
	----- No. nódulos. planta <sup>-1</sup> -----		
ICA-Tunia	0.0	0.0	0.0
Soyica P-31	0.0	0.2	1.2
L-128	0.0	0.2	0.5
L-137	0.0	0.0	0.0
L-139	0.0	0.7	0.0
L-140	0.0	0.5	0.2
Promedio	0.0	0.3	0.3

Tabla 5. Efecto de la inoculación en el número de nódulos de la soya, en tres estados de crecimiento. Localidad Ana María, 1984A.

Tratamiento de Inoculación	GENOTIPO DE SOYA			Promedio
	Variedad Soyica P-31	Línea 128	Línea 137	
----- No. nódulos planta <sup>-1</sup> -----				
<u>Estado 1: Veinte días después de la germin.</u>				
Sin Inoc.- Sin N	0.0	0.0	0.0	0.0
Cepa ICA-JO1	0.0	0.0	0.3	0.1
Cepa ICA-JO2	0.3	0.0	0.0	0.1
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	0.0	0.0	0.0	0.0
<u>Estado 2: Inicio de la floración</u>				
Sin Inoc.- Sin N	0.0	0.0	0.0	0.0b*
Cepa ICA-JO1	51.5	24.3	21.3	30.0a
Cepa ICA-JO2	19.3	19.7	16.7	18.6a
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	0.0	0.0	0.3	0.1b
<u>Estado 3: Inicio de la formación de vainas</u>				
Sin Inoc.- Sin N	0.3	0.0	2.7	1.0
Cepa ICA-JO1	47.5	18.7	4.0	23.4
Cepa ICA-JO2	30.3	112.0	96.0	79.4
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	0.3	1.5	3.0	1.6

\* Promedios seguidos por una o más letras en común, no difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ), de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Duncan.

Tabla 6. Nodulación de seis genotipos de soya sin inoculación en el Valle del Cesar. Localidad Motilonia, 1984B.

Genotipo de soya	Estado de Crecimiento		
	Estado 1	Estado 2	Estado 3
	----- No. nódulos.planta <sup>-1</sup> -----		
ICA-Tunia	0.0	1.2	0.0
Soyica P-31	0.5	1.0	2.5
L-128	0.2	0.5	0.0
L-137	0.0	0.0	0.0
L-139	0.0	0.0	0.0
L-140	0.0	0.0	0.0
Promedio	0.1	0.4	0.4

Tabla 7. Efecto de la inoculación en el número de nódulos de la soya, en tres estados de crecimiento.

Tratamiento de Inoculación	GENOTIPO DE SOYA			Promedio
	Variedad Soyica P-31	Línea 128	Línea 137	
----- No. de nódulos.planta <sup>-1</sup> -----				
<u>Estado 1: Veinte días después de la germinación</u>				
Sin Inoc.- Sin N	0.0	0.0	0.0	0.0c*
Cepa ICA-JO1	17.0	17.0	22.0	18.4a
Cepa ICA-JO2	10.0	15.0	10.0	11.8b
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	0.0	0.0	0.0	0.0c
<u>Estado 2: Inicio de la floración</u>				
Sin Inoc.- Sin N	2.7c	0.7c	0.0c	1.1c
Cepa ICA-JO1	131.7a	65.7b	159.7	119.0a
Cepa ICA-JO2	49.0b	81.3b	60.3b	63.5b
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	2.0c	0.0c	0.0c	0.7c
<u>Estado 3: Inicio de la formación de vainas</u>				
Sin Inoc.- Sin N	10.0	1.3	21.0	12.2b
Cepa ICA-JO1	58.0	55.0	118.0	77.0a
Cepa ICA-JO2	99.0	63.0	101.0	88.0a
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	9.0	0.3	0.0	3.1b

\* = a Tabla 5



Tabla 8. Efecto de la inoculación en el número de vainas de la soya en el Cesar.

Tratamiento de Inoculación	GENOTIPO DE SOYA			
	Variedad Soyica P-31	Línea 128	Línea 137	Promedio
	----- No. vainas por planta -----			
Sin Inoc.- Sin N	36.0	23.7	22.3	27.3b*
Cepa ICA-JO1	47.7	43.7	36.0	42.4a
Cepa ICA-JO2	40.7	39.0	34.3	38.0a
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	61.7	37.3	39.7	46.2a
Promedio	46.5a	35.9b	33.1b	

Tabla 9. Efecto de la inoculación en el rendimiento de tres genotipos de soya.

Tratamiento de Inoculación	GENOTIPO DE SOYA			Promedio
	Variedad Soyica P-31	Línea 128	Línea 137	
	----- kg.ha <sup>-1</sup> -----			
Sin Inoc.- Sin N	1000 ef	625f	542f	722
Cepa ICA-JO1	3597 a	2111bc	1861bcd	2523
Cepa ICA-JO2	2333 b	1917bcd	1569cde	1940
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	1585 cde	1125ef	1389ed	1366

\* = Tabla 5

Tabla 10. Efecto de la inoculación en el tamaño del grano de soya en el Cesar.

Tratamiento de Inoculación	GENOTIPO DE SOYA			
	Variedad Soyica P-31	Línea 128	Línea 137	Promedio
	----- Peso de 100 granos (g) -----			
Sin Inoc.- Sin N	9.97	9.33	8.91	9.41c*
Cepa ICA-JO1	11.01	10.27	11.95	11.08a
Cepa ICA-JO2	10.37	10.98	10.96	10.77ab
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	9.51	9.27	10.60	9.79bc

\* = Tabla 5

Tabla 11. Efecto de varias cepas de *B. japonicum* en el número de nódulos de la soya en dos estados de crecimiento.

Tratamiento de Inoculación	GENOTIPO DE SOYA		
	Soyica P-31	LSY-3	Promedio
	----- No. nódulos planta <sup>-1</sup> -----		
	<u>Inicio de Floración</u>		
Cepa ICA-JO1	25.8	20.3	23.1a*
Cepa ICA-JO2	15.6	16.7	16.1a
Cepa ICA-JO3	19.2	16.9	18.2a
Cepa ICA-JO4	11.6	20.3	16.0a
Cepa ICA-J12	7.6	4.4	6.0b
Sin Inoc.- Sin N	0.3	0.8	0.6b
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	0.3	0.8	0.5b
	<u>Inicio de formación de vainas</u>		
Cepa ICA-JO1	30.8	58.5	44.7a
Cepa ICA-JO2	29.1	43.5	36.3ab
Cepa ICA-JO3	28.2	44.4	36.3ab
Cepa ICA-JO4	23.2	49.7	36.5ab
Cepa ICA-J12	23.8	24.9	26.1b
Sin Inoc.- Sin N	2.2	4.9	3.6c
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	1.5	0.5	1.0c

\* = Tabla 5

Tabla 12. Efecto de varias cepas de B. japonicum en el peso fresco de la parte aérea de la planta de soya en dos estados de crecimiento.

Tratamiento de Inoculación	GENOTIPO DE SOYA		
	Soyica P-31	LSY-3	Promedio
	----- g. planta <sup>-1</sup> -----		
	<u>Inicio de Floración</u>		
Cepa ICA-J01	54.7	39.6	47.1a*
Cepa ICA-J02	51.1	40.2	45.6a
Cepa ICA-J03	44.0	41.1	42.6a
Cepa ICA-J04	44.9	41.0	43.0a
Cepa ICA-J12	37.1	25.0	31.0b
Sin Inoc.- Sin N	33.7	24.3	29.0b
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	57.7	40.8	49.2a
	<u>Inicio de formación de vainas</u>		
Cepa ICA-J01	84.0	77.8	81.0a
Cepa ICA-J02	79.9	67.9	73.9ab
Cepa ICA-J03	71.7	64.7	68.2ab
Cepa ICA-J04	75.2	79.5	77.3a
Cepa ICA-J12	63.2	54.3	58.7bc
Sin Inoc.- Sin N	56.8	40.8	48.8c
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	76.4	79.1	77.9a

\* = Tabla 5

Tabla 13. Efecto de varias cepas de *B. japonicum* en el rendimiento de la soya.

Tratamiento Inoculación	GENOTIPO DE SOYA		Promedio
	Soyica P-31	LSY-3	
	----- Kg ha <sup>-1</sup> -----		
Cepa ICA-J01	2397	2590	2493a*
Cepa ICA-J02	2118	2229	2173b
Cepa ICA-J03	2118	2319	2218b
Cepa ICA-J04	2416	2180	2298ab
Cepa ICA-J12	1965	1868	1916c
Sin Inoc.- Sin N	1687	1555	1621d
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	2312	2375	2343ab

\* = Tabla 5

Tabla 14. Efecto de la inoculación y la fertilización nitrogenada en el rendimiento de la soya.

Tratamiento	Rendimiento (kg.ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento relativo (%)
Cepa ICA-J01	2576a*	175.0
Cepa ICA-J02	2458a	167.0
Cepa ICA-J03	2382a	161.8
Cepa ICA-J12	1945bc	132.1
Sin Inoc.- Sin N	1472de	100.0
50 kg N.ha <sup>-1</sup>	1770cd	120.2
100 kg N.ha <sup>-1</sup>	1965bc	133.5
150 kg N.ha <sup>-1</sup>	2291ab	155.6
200 kg N.ha <sup>-1</sup>	2319ab	157.5
Testigo (Sin P ni K)	1375e	93.4

\* = Tabla 5

## CONCLUSIONES

- Prácticamente no existe en los suelos estudiados una población establecida de B. japonicum capaz de nodular en los genotipos de soya empleados.
- El contenido de N disponible en los suelos es insuficiente para obtener altos rendimientos y se obtienen altas respuestas a la inoculación.
- Las cepas estudiadas varían en su efectividad, siendo la ICA J-01 la más efectiva.
- Con la cepa ICA J-01 se encontraron aumentos en rendimiento hasta del 259.7%, lo cual permite recomendarla para producción de inoculantes.
- Con tres de las cepas empleadas se obtuvieron rendimientos superiores a los obtenidos con 200 kg N/ha, luego la inoculación es un importante sustituto del fertilizante.
- Se infiere que la fertilización nitrogenada, al menos con urea en estos suelos es muy ineficiente.
- La investigación permitió una evaluación global positiva de la calidad de los inoculantes producidos en una planta piloto.

## BIBLIOGRAFIA

- GRAHAM P.H. 1973. Plant Rhizobium interaction and its importance to agriculture. In A.M. Srb. (Ed) Plenum Pub. Corp. New York. Pag. 321-330.
- GRAHAM P.H. y HUBBELL D. 1974. Interacción suelo-planta-Rhizobium en la Agricultura Tropical. En E. Bornemisza y A. Alvarado (Ed). Pag. 217-220.
- GUERRERO R. 1984. La recomendación de fertilizantes. Fundamentos y aplicaciones. En fertilidad de suelos: Diagnóstico y control. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Pag. 243.
- ISLAM R. 1978. The role of symbiotic N<sub>2</sub> fixation in food legume production. In food legume improvement and development.
- JOHNSON H. and MEANS U.M. 1964. Selection of competitive strains of soybean nodulating bacteria. Agronomy J. 56: 60-62.
- ROJAS C. y LOTERO J. 1970. Estudio comparativo de forraje, raíces, nodulación y fijación de nitrógeno en trece leguminosas. Revista ICA 5: 221-242.
- SLAGER C. 1969. Symbiotic effectiveness and N<sub>2</sub> fixation in nodulated soybeans. Plant physiology 44: 1666-1668.



VARELA G.R. y MUNEVAR, F. 1978. Comportamiento de cepas de Rhizobium japonicum, asociadas con variedades soya Glycine max (L.) Merr) seleccionadas para el departamento del Tolima. Revista ICA. 13: 249-255.