

SELECCION DE CEPAS DE RIZOBIOS EN SUELOS PROMISORIOS PARA EL CULTIVO DE LA SOYA (*Glycine max* (L) Merrill) EN COLOMBIA

Carmen R. Salamanca S.* Raúl Varela G.** Rosemary Sylvester-Bradley***

COMPENDIO

En el invernadero se evaluó la efectividad de las cepas preseleccionadas de *B. japonicum* (CIAT 199, 209, 3778, 3874 y 3876), de la recomendada (CIAT 51) y una de *Rhizobium* spp (CIAT 3779). En el suelo Fluventic Haplustoll, de reacción casi neutra, se presentó respuesta altamente significativa a la inoculación. El tratamiento fertilizado con 150 kg de N/ha produjo el mayor rendimiento de N. Las cepas más efectivas fueron CIAT 3778 y 51, que también presentaron el mayor índice de efectividad a la inoculación (IEI). En el suelo Typic Pellustert, de reacción alcalina, se presentó respuesta significativa a la inoculación. El mayor rendimiento de N se obtuvo con las cepas CIAT 3778 y 51, que fueron además estadísticamente iguales a las cepas CIAT 199 y 3876 en cuanto al IEI. En el suelo Arenic Haplustalf, de reacción ligeramente ácida, hubo respuesta altamente significativa a la inoculación y la cepa más efectiva fue la CIAT 199. En el suelo Fluventic Ustropept, de reacción ligeramente ácida, se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos inoculados. El mayor rendimiento de N se presentó en el tratamiento fertilizado con N. Las mejores cepas fueron CIAT 3778, 3779 y 209. En el suelo Vertic Ustropept, de reacción alcalina, se presentó respuesta altamente significativa a la inoculación. En cuanto al rendimiento de N no se encontraron diferencias entre el tratamiento fertilizado con N y las cepas CIAT 51, 209 y CIAT 3778, siendo también las más efectivas en cuanto al IEI, junto con la cepa CIAT 199. En los suelos Tropeptic Haplorthox y Typic Tropudult no se encontró respuesta a la inoculación.

ABSTRACT

Screening of *Rhizobium* strains in soils apt for soybean (*Glycine max* (L) Merrill) cultivation in Colombia. Under greenhouse conditions were evaluated the effectivity of the preselected strains of *B. japonicum* (CIAT 199, 209, 3778, 3874 and 3876), in addition to the recommended strain (CIAT 51) and one of *Rhizobium* spp. (CIAT 3779). In the Fluventic Haplustoll soil with an almost neutral reaction, a highly significant response to inoculation occurred. Fertilizer treatment with 150 kg N/ha produced the highest N yield. The most effective strains were CIAT 3778 and 51, which also presented the highest inoculation efficiency index values. In the Typic Pellustert soil, of alkaline reaction, there was a significant response to inoculation. The highest N yield was reached with the strains CIAT 3778 and 51, which were also statistically equal to strains CIAT 199 and 3876 as to inoculation efficiency index values. In the Arenic Haplustalf soil, with slightly acid reaction, was highly significant response to inoculation and strain CIAT 199 was the most effective. In the Fluventic Ustropept soil of slightly acid reaction, significant differences occurred between inoculation treatments. N yield was higher in the N-fertilized treatment. The best strains were CIAT 3778, 3779, and 209. In the Vertic Ustropept soil, of alkaline reaction, a highly significant response to inoculation occurred. As to N yield, there were no differences between the N-fertilized treatment and the strains CIAT 51, 209, and 3778; these strains were also the most effective as to inoculation efficiency index values, along with strain CIAT 199. In both Tropeptic Haplorthox and Typic Tropudult soils, there was no response to inoculation.

* Estudiante de postgrado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

** Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. A. A. 233, Palmira.

*** Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. A. A. 6713, Cali, Colombia.

1. INTRODUCCION

La aplicación de fertilizantes nitrogenados a los cultivos resulta en la actualidad una práctica costosa, debido a los altos precios alcanzados por el petróleo y el gas natural, las fuentes energéticas que se utilizan para su elaboración.

El proceso de la fijación biológica de nitrógeno constituye un aporte muy importante de nitrógeno al suelo y a las plantas; y gran parte se debe a la simbiosis que forman las leguminosas con bacterias de la familia *Rhizobiaceae*. Aunque este proceso también tiene elevada demanda de energía, esta se obtiene indirectamente de los carbohidratos elaborados por organismos fotosintéticos.

La alta eficiencia depende de la enzima nitrogenasa, que cataliza la reducción de N_2 a NH_3 , también contribuye en gran medida a la realización de este proceso. La fijación biológica de nitrógeno es uno de los componentes de la llamada tecnología de bajos insumos, mediante la cual se pretende obtener rendimientos adecuados (aunque no necesariamente los máximos) sin necesidad de realizar inversiones cuantiosas en insumos, a través del uso de variedades tolerantes a factores adversos del ambiente, aprovechamiento racional de las fuentes naturales de nutrientes, el reciclaje de nutrientes, etc. Este trabajo resalta la importancia de optimizar la utilización de la fijación biológica de nitrógeno en el cultivo de la soya con énfasis en la selección de cepas efectivas de rizobios adaptadas a las condiciones de cada región productora de soya.

La principal zona productora de Colombia está localizada en el Valle geográfico del Río Cauca, donde se alcanzan rendimientos de grano superiores a 3 t/ha, con el uso intensivo de insumos.

Sin embargo, en el país existen áreas potenciales que podrían incidir significativamente en la producción, tales como el departamento del Meta (donde se siembra como alternativa de rotación para el cultivo de arroz) y la zona algodonera constituida por los de-

partamentos de Huila, Tolima y los de la Costa Norte del país.

La introducción del cultivo de la soya en estas áreas promisorias, sustenta la necesidad del presente trabajo, en el cual se proponen los siguientes objetivos: realizar una selección preliminar de cepas de rizobios, con base en su efectividad potencial al asociarlos con tres variedades comerciales de soya (ICA - TUNIA, SOYICA P-31 y SOYICA P-32); evaluar la fijación de nitrógeno en la soya, a través de la simbiosis con las cepas más efectivas de rizobios, en tipos de suelos con varios niveles de pH, representativos de las regiones potenciales para su siembra y determinar la relación entre efectividad de las cepas de rizobios y las características de las colonias.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1. Localización

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Palmira, departamento del Valle del Cauca, Colombia y estuvo constituida por cuatro ensayos realizados con el fin de seleccionar cepas efectivas de rizobios, para suelos de algunas regiones colombianas con potencial para el cultivo de la soya.

Los dos primeros ensayos se orientaron a realizar una preselección en jarras de Leonard en cuarto de crecimiento e invernadero, a partir de 48 cepas de *Bradyrhizobium japonicum* de la colección del CIAT (Cuadro 1).

2.2. Metodología del primer ensayo

Se realizó la evaluación preliminar de cepas del género *B. japonicum* y una del género *Rhizobium* spp. con el fin de probar su efectividad potencial para fijar nitrógeno atmosférico (N_2) y su interacción con tres variedades comerciales de soya (ICA-Tunía, SOYICA P-31 y SOYICA P-32), suministradas por el ICA, Palmira.

Se evaluaron 44 cepas, 39 de las cuales fueron suministradas por el CIAT (21 aisladas de

Cuadro 1
Cepas de rizobios probadas con *Glycine max*

Cepa CIAT No.	Sinónimos	Fuente	Origen	Año	Serogrupo
1	1130	CIAT	MRS, Rhodesia	1971	
2	1127	CIAT	MRS, Rhodesia	1971	
3	846	CIAT	MRS, Rhodesia	1971	
4	492, TAL 757	CIAT	MRS, Rhodesia	1971	
51 ¹	SEMIA 5006, TAL 756	CIAT	SEMIA, Brasil	1971	
90 ²	SU 697, CB 1809 TAL 379, USDA 1366, RCR 3407, CIAT 3778	CIAT	S. U. Australia	1971	122
199		CIAT	Buga, Colombia	1972	
200		CIAT	Buga, Colombia	1972	
201		CIAT	Buga, Colombia	1972	
202		CIAT	Buga, Colombia	1972	
204		CIAT	Buga, Colombia	1972	
205		CIAT	Buga, Colombia	1972	
206		CIAT	Buga, Colombia	1972	
207		CIAT	Buga, Colombia	1972	
208		CIAT	Buga, Colombia	1972	
209		CIAT	Buga, Colombia	1972	
210		CIAT	Pradera, Colombia	1972	
211		CIAT	Pradera, Colombia	1972	
212		CIAT	Pradera, Colombia	1972	
213		CIAT	Pradera, Colombia	1972	
214		CIAT	Pradera, Colombia	1972	
215		CIAT	Pradera, Colombia	1972	
216		CIAT	Pradera, Colombia	1972	
218		CIAT	Pradera, Colombia	1972	
219		CIAT	Pradera, Colombia	1972	
380		CIAT	Ecuador	1973	
403		CIAT	NITRAGIN, inoculante comercial, Wisconsin, USA		
656		CIAT	La Buitrera, Col.	1974	
658		CIAT	La Buitrera, Col.	1974	
2539	SEMIA 587	CIAT	SEMIA, Brasil		
2540	SEMIA 5019, 29W	CIAT	SEMIA, Brasil		
3543 ³	USDA 110, TAL 102, IITA 18, CIAT 3775	CIAT	USDA, Florida, USA	1959	110
3544 ³	USDA 138, TAL 377	CIAT	USDA, Mississippi, USA	1961	C ₁
3545	USDA 144	CIAT		1973	
3546	USDA 146	CIAT			
3549		CIAT			
3552		CIAT			
3554	PRC - 160	CIAT			
3557		CIAT			
3775 ³	USDA 110, TAL 102, IITA 18, CIAT 3543	NifTAL	USDA, Florida, USA	1959	110
3776 ³	USDA 138, TAL 377, CIAT 3544	NifTAL	USDA, Mississippi, USA	1964	C ₁
3777 ⁴	CC 709, TAL 378	NifTAL	No conocido	1975	C ₁
3778 ⁵	CB 1809, SU 697, USDA 136 b, TAL 379, CIAT 90, RCR 3407, SEMIA 586	NifTAL	CSIRO, Australia	1961	122
3779 ⁶	USDA 191, PRC 440	USDA	Shanghai, China		
3874 ⁷	SEMIA 527, TAL 428, UFRGS 527, USDA 115	SEMIA	Brasil	1959	C ₃
3875 ⁷	SEMIA 566, UFRGS 566, TAL 433	SEMIA	USA (inoculante comercial)		
3876 ⁷	SEMIA 5019, 29W, CIAT 2540	SEMIA	Brasil		
3877 ⁷	SEMIA 5020, J 5033	SEMIA	Japón	1929	
3878 ⁷	SEMIA 5061, INPA 037	SEMIA	Brasil		

¹/ Cepa altamente efectiva (Graham, 1973; Varela, 1976)

²/ Se ha comunicado pérdida de efectividad (Varela, 1976)

³/ Cepas altamente efectivas y mutantes con resistencia a antibióticos (NifTAL, 1984)

⁴/ Cepa efectiva (NifTAL, 1984)

⁵/ Cepa altamente efectiva, mutante con resistencia a antibióticos (NifTAL, 1984)

⁶/ Cepa de crecimiento rápido y producción de acidez

⁷/ Cepas recomendadas de acuerdo con las pruebas desarrolladas por IPAGRO/MIRGEN, para la producción de inoculantes comerciales en Brasil.

suelos del Valle del Cauca, Colombia y 18 provenientes de diferentes países), cuatro recomendadas como efectivas en suelos ácidos, enviadas por la Universidad de Hawaii (Proyecto NifTAL), de crecimiento lento y productoras de alcalinidad en medio de cultivo levadura - manitol-agar (LMA) y una cepa (USDA 191 o CIAT 3779) de crecimiento rápido productora de acidez en medio de LMA, y tolerante a las sales (Yelton et al, 11) enviada por la Universidad de California, USA.

Puesto que se deseaba examinar una colección grande de cepas de *B. japonicum*, las repeticiones se separaron en el tiempo y el ensayo se realizó según un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones y un testigo sin inocular. Las unidades experimentales se distribuyeron al azar en el cuarto de crecimiento.

Mediante una evaluación a criterio, con base en los promedios del número de nódulos, el peso seco de los nódulos y el peso seco de la parte aérea, se seleccionaron las cepas que presentaron mayor efectividad al ser inoculadas en las tres variedades de soya.

2.3. Metodología del segundo ensayo

Para re-evaluar la efectividad potencial de las cepas seleccionadas se realizó otro ensayo en jarras de Leonard en condiciones de invernadero. La evaluación se realizó con 20 cepas: las once de mejor comportamiento en la evaluación preliminar (CIAT 1, 2, 51, 199, 201, 202, 204, 206, 209, 3554, 3775); tres cepas enviadas por NifTAL (TAL 377, TAL 379 y TAL 378); cinco cepas provenientes de IPAGRO (SEMIA 527, 566, 5019, 5020, 5061) y la cepa USDA 191, a pesar de que no mostró ser efectiva en la evaluación preliminar.

El ensayo se diseñó en bloques al azar con tres repeticiones y un testigo. La variable peso seco de la parte aérea de la planta se sometió a análisis de varianza. Para evaluar la efectividad de las cepas ensayadas se usó como criterio la Diferencia Mínima Significativa (DMS), peso seco de la parte aérea para cada

variedad contra un testigo sin inocular. Se seleccionaron las cinco mejores cepas que no presentaron diferencias significativas en términos de efectividad con respecto a la mejor cepa del ensayo.

2.4. Metodología del tercer ensayo

Se evaluaron, en invernadero, seis cepas de rizobios de crecimiento lento (CIAT 199, CIAT 209, CIAT 3778, CIAT 3874 y CIAT 3876), la recomendada actualmente (CIAT 51) y una de crecimiento rápido (CIAT 3779), en siete suelos sin esterilizar, de regiones colombianas promisorias para el cultivo de la soya, y cuyos valores de pH variaron desde extremadamente ácidos hasta alcalinos (Cuadro 2). Se emplearon las variedades de soya (ICA TUNIA, SOYICA P-31, SOYICA P-32, SOYICA P-33 y SOYICA N-21) recomendadas para cada región (ICA, 1986).

El ensayo se realizó de acuerdo con un diseño experimental de bloques al azar con cinco repeticiones, un testigo sin inocular y un testigo fertilizado con N (150 kg N/ha).

Las variables se sometieron a análisis de varianza, separando los efectos de las cepas en cada suelo. Para evaluar el efecto de las cepas en cada variedad y dentro de cada suelo, se utilizó como criterio la prueba de Duncan.

Se calculó el "índice de efectividad de la inoculación" (IEI), de la siguiente manera:

$$IEI = \frac{\text{Rendimiento N inoculado} - \text{Rendimiento N sin inocular}}{\text{Rendimiento N inoculado}} \times 100$$

Se realizaron diagramas de barra en las variables: rendimiento de nitrógeno en la parte aérea por planta e índice de efectividad de la inoculación (IEI). Aún cuando estas variables no cuantifican la fijación, permiten evaluar la simbiosis desde el punto de vista agronómico (CIAT, 1987).

2.5. Metodología del cuarto ensayo

Para determinar si existía relación entre la

Cuadro 2

Clasificación de los suelos *

Suelo	Ubicación	Clasificación	Referencias
Ingenio Providencia	Conjunto Manuelita	Fluventic Haplustoll	IGAC (1980)
Palmaseca	Conjunto Galpón	Typic Pellustert	IGAC (1980)
Nataima	ICA, Nataima	Arenic Haplustalf	Varon (1988)**
Turipaná	ICA, Turipaná	Fluventic Ustropept	IGAC (1980)
Codazzi	ICA, Motilonia	Vertic Ustropept	IGAC (1980)
Villavicencio	ICA, La Libertad	Tropeptic Haplorthox	IGAC (1980)
Santander de Quilichao	Conjunto San Julián	Typic Tropudult	IGAC (1981)

* Alfonso García S. C. V. C (Comunicación personal) 1988.

** Carlos Arturo Varón. ICA, Nataima (Comunicación personal) 1988.

efectividad de las mejores cepas seleccionadas en el segundo ensayo y las características de las colonias, en el laboratorio, se sembraron en cajas de Petri, por el método de estríado las mejores cepas, con medio de cultivo Levadura-Manitol-Agar (LMA) con un pH inicial de 6.8 y 5.5, se incubaron a 28°C y luego se observó la apariencia de las colonias y el pH final.

La categorización de las cepas se realizó de acuerdo con los criterios propuestos por Sylvester-Bradley (CIAT, 1987), como complemento a la clasificación oficial del Manual de Bergey para el género *Bradyrhizobium* (Jordan, 1984).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Evaluación de la efectividad de 44 cepas de rizobios, con tres variedades de soya en jarras de Leonard (cuarto de crecimiento)

En la variedad ICA-TUNIA, la cepa CIAT 3554 mostró mayor capacidad de fijación de

N₂ presentando los mayores valores en número y peso seco de nódulos y en peso seco de nódulos y en peso seco de la parte aérea. Le siguieron en efectividad las cepas CIAT 202, CIAT 209, CIAT 206, CIAT 1, CIAT 51 y CIAT 201.

En la variedad SOYICA P-31, las cepas más efectivas fueron CIAT 199 y CIAT 3554, seguidas por las cepas CIAT 206, CIAT 51, CIAT 202 y la CIAT 204. La cepa CIAT 3554 se destacó por el mayor peso seco de nódulos y la CIAT 199 por el mayor peso seco de la parte aérea y raíces. La mayor nodulación se registró con la cepa CIAT 51.

En la variedad SOYICA P-32, las cepas más efectivas fueron CIAT 199 y CIAT 3554, seguidas por la CIAT 1, CIAT 3775, CIAT 202, CIAT 2, CIAT 209 y CIAT 201. El mayor peso seco de nódulos lo presentó la cepa CIAT 3554, seguida por la CIAT 1 y CIAT 3775. El mayor peso seco de la parte aérea lo mostró la cepa CIAT 199, seguida por la CIAT 3775, siendo similar al resultado obtenido en la va-

Cuadro 3

Evaluación de la efectividad de 20 cepas de rizobios, en tres variedades de soya, en condiciones de invernadero* (Segundo ensayo)

Cepas CIAT No.	Peso seco parte aérea (g/planta)		
	ICA TUNIA	SOYICA P-31	SOYICA P-32
1	1.03	1.19	0.99
2	1.28	0.98	0.98
51	0.89	1.17	0.84
199**	1.35	1.27**	0.93
201	1.23	1.16	0.95
202	1.13	1.08	1.17
204	1.47	1.13	1.00
206	1.22	1.09	1.02
209**	1.18	1.25**	0.88
3554	1.45	0.73	0.83
3775	0.89	0.69	0.95
3776	1.35	1.10	0.86
3777	1.20	1.01	0.93
3778**	1.44	1.38**	1.33
3779	0.94	0.56	0.57
3874	1.58	0.79	1.10
3875	1.10	1.20	1.28
3876**	1.92**	1.39**	1.02
3877	0.94	0.58	0.59
3878	1.34	1.10	0.80
Testigo			
- I	1.43	0.77	1.12
DMS (0.05) =	0.35	0.49	0.43

* = Promedio de tres repeticiones

** = Cepas que mostraron un promedio igual o mayor que el del testigo sin inocular + $DMS_{0.05}$ (seleccionadas)

- I = Testigo sin inocular y con una dosis baja de N (10 mg N/L)=0.075 g KNO_3 /L

riedad SOYICA P-31. La cepa CIAT 200 presentó la mayor nodulación.

3.2. Evaluación de la efectividad de 20 cepas de rizobios, con tres variedades de soya en jarras de Leonard (Invernadero)

El análisis de varianza por variedad, detectó diferencias estadísticamente significativas en el PSPA entre cepas sólo para la variedad ICA Tunía (Cuadro 3). No obstante, se seleccionaron como cepas experimentales para el tercer ensayo, las que estuvieran distanciadas del testigo sin inocular en por lo menos una $DMS_{0,05}$ (Diferencia Mínima Significativa) en cualquiera de las variedades para la variable PSPA. Las cepas que mostraron mayor efectividad potencial fueron CIAT 199, CIAT 209, CIAT 3778, CIAT 3874 y CIAT 3876.

3.3. Evaluación de la respuesta a la inoculación con seis cepas de Bradyrhizobium japonicum y una de Rhizobium spp. en siete suelos de regiones de Colombia promisorias para el cultivo de la soya (Glycine max (L) Merrill)

En el suelo del Ingenio Providencia (Fluventic Haplustoll), de reacción casi neutra, la actividad de las cepas nativas afectó en parte la efectividad de las cepas inoculadas. Otro posible factor limitante del crecimiento de las plantas fue la inmovilización de los nutrientes debido a la alta relación C/N de los residuos de caña de azúcar que se habían incorporado al suelo. A pesar de esto se presentó una respuesta altamente significativa a la inoculación. El tratamiento fertilizado con 150 kg de N/ha produjo el mayor rendimiento de N. Las cepas CIAT 3778 y CIAT 51 fueron las más efectivas y presentaron el mayor IEI (Figuras 1 y 3).

En el suelo de Palmaseca (Typic Pellustert), de reacción alcalina, se presentó respuesta a la inoculación, probablemente debido a los mecanismos de tolerancia de la soya a la alcalinidad del suelo y a la baja disponibilidad del N mineral en el suelo. El mayor rendimiento de N se obtuvo con las cepas

CIAT 3778 y CIAT 51, que fueron además estadísticamente iguales a las cepas CIAT 199 y CIAT 3876 en cuanto al IEI (Figuras 1 y 3).

En el suelo de Nataima (Arenic Haplustalf), de reacción ligeramente ácida, su textura franco-arenosa puede ser factor limitante, en caso de presentarse deficiencia de humedad. La respuesta altamente significativa a la inoculación está relacionada con la baja disponibilidad de N mineral en este suelo. Con respecto a las variables rendimiento de N e IEI, la cepa CIAT 199 fue la más efectiva (Figuras 1 y 3).

En el suelo de Turipaná (Fluventic Ustropept), de reacción ligeramente ácida, con alto contenido de bases y de materia orgánica, un factor que probablemente afectó la expresión de la simbiosis fue el estímulo a la tasa de mineralización de N. A pesar de esto, en este suelo se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos inoculados. El mayor rendimiento de N se presentó en el tratamiento fertilizado con N. Las mejores cepas fueron CIAT 3778, CIAT 3779 y CIAT 209, que mostraron valores similares en el IEI (Figuras 2 y 3). Aunque se presentaron diferencias significativas entre cepas, el incremento en el rendimiento de N de la mejor cepa estuvo por debajo del 10 o/o, ya que la mayor parte del N absorbido por las plantas fue N mineral.

En el suelo de Codazzi (Vertic Ustropept), de reacción alcalina y alto contenido de fósforo y carbonatos libres, probablemente el principal factor limitante fue la baja disponibilidad de fósforo, debido a la formación de fosfatos relativamente insolubles. A pesar de la limitación en el desarrollo de las plantas, se presentó respuesta altamente significativa a la inoculación. En cuanto al rendimiento de N no se encontraron diferencias entre el tratamiento fertilizado con N y las cepas CIAT 51, CIAT 209 y CIAT 3778, siendo también las más efectivas en cuanto al IEI, junto con la cepa CIAT 199 (Figuras 2 y 4).

Tanto en el suelo de Villavicencio (Tropopectic Haplorthox) como en el de Santander de Quilichao (Typic Tropudult), se pre-

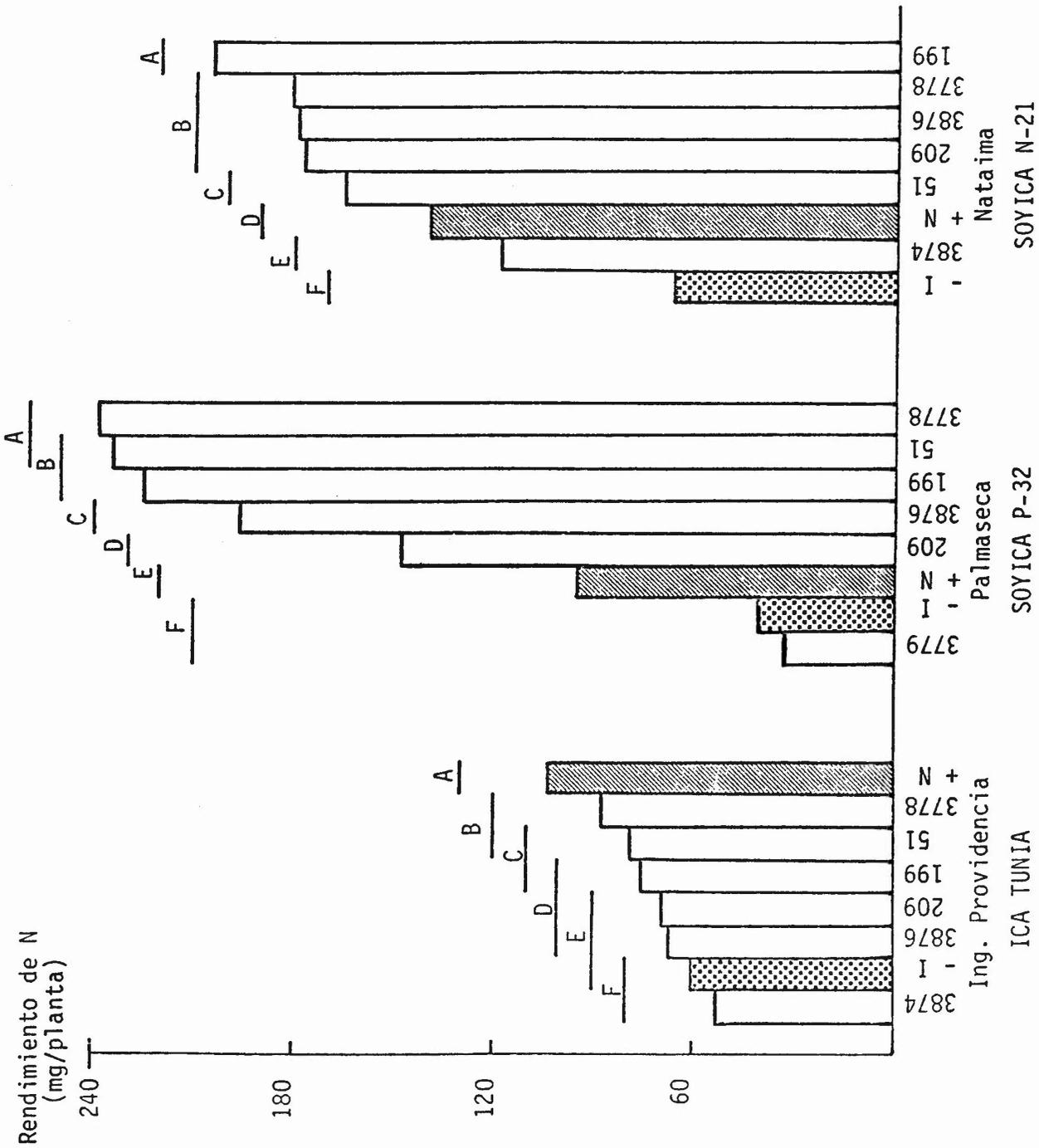


Fig. 1. Rendimiento de N en tres variedades de soja, inoculadas con seis cepas de rizobios, en suelos de tres regiones colombianas.

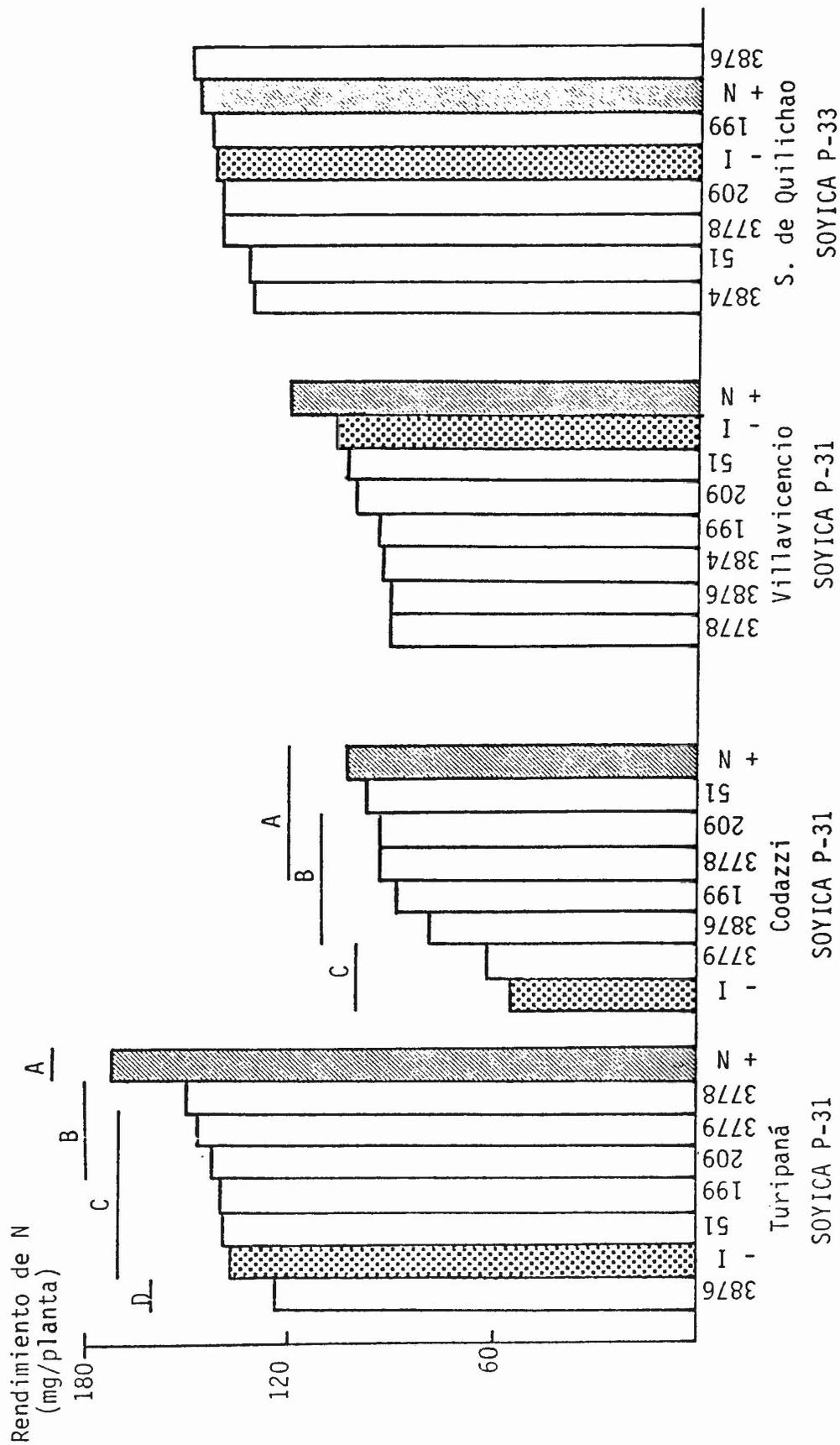


Fig. 2. Rendimiento de N en dos variedades de soya inoculadas con seis cepas de rizobios, en suelos de cuatro regiones colombianas.

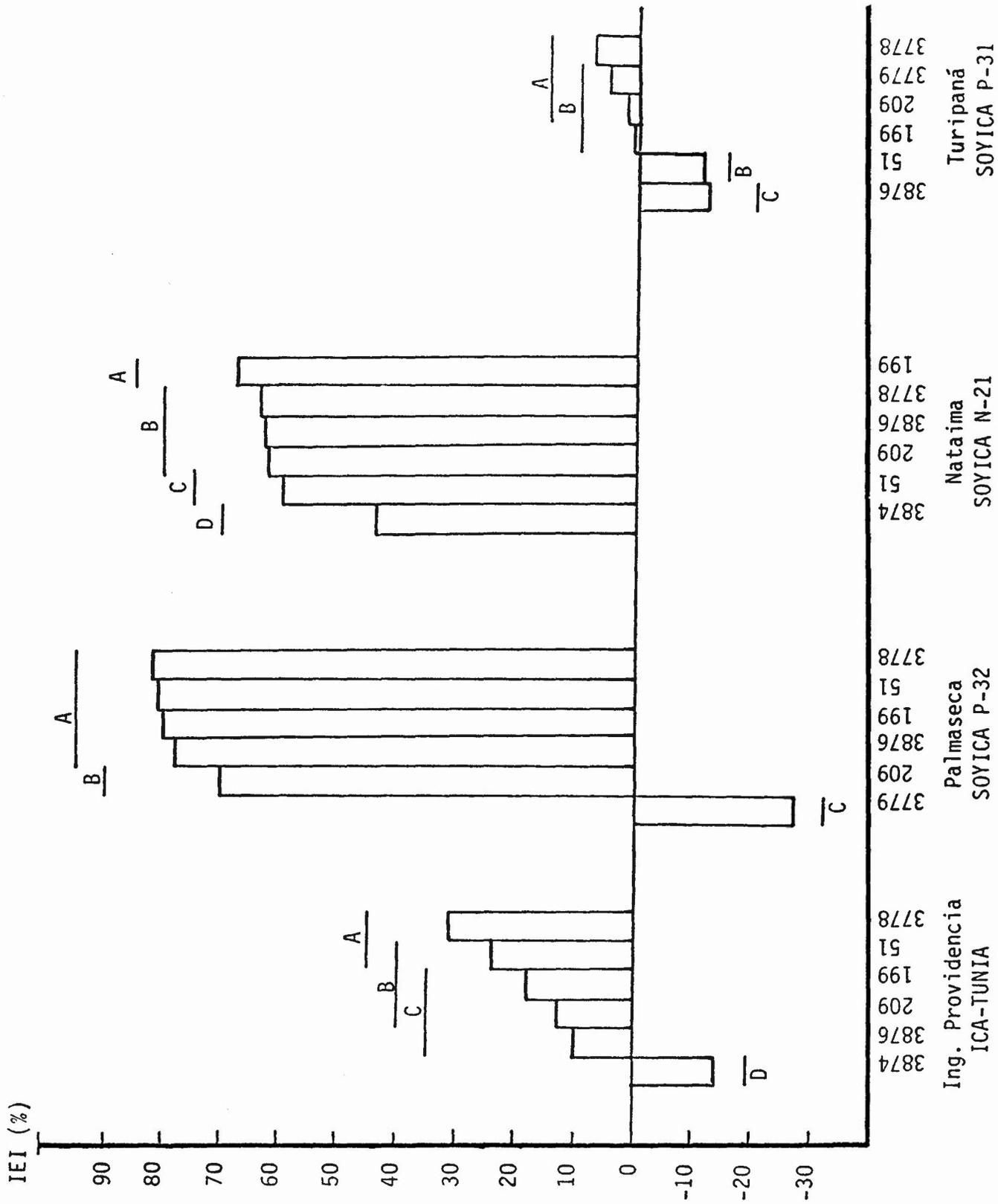


Fig. 3. Índice de efectividad de la inoculación (IEI), en cuatro variedades de soya inoculadas con seis cepas de rizobios en suelos de cuatro regiones colombianas.

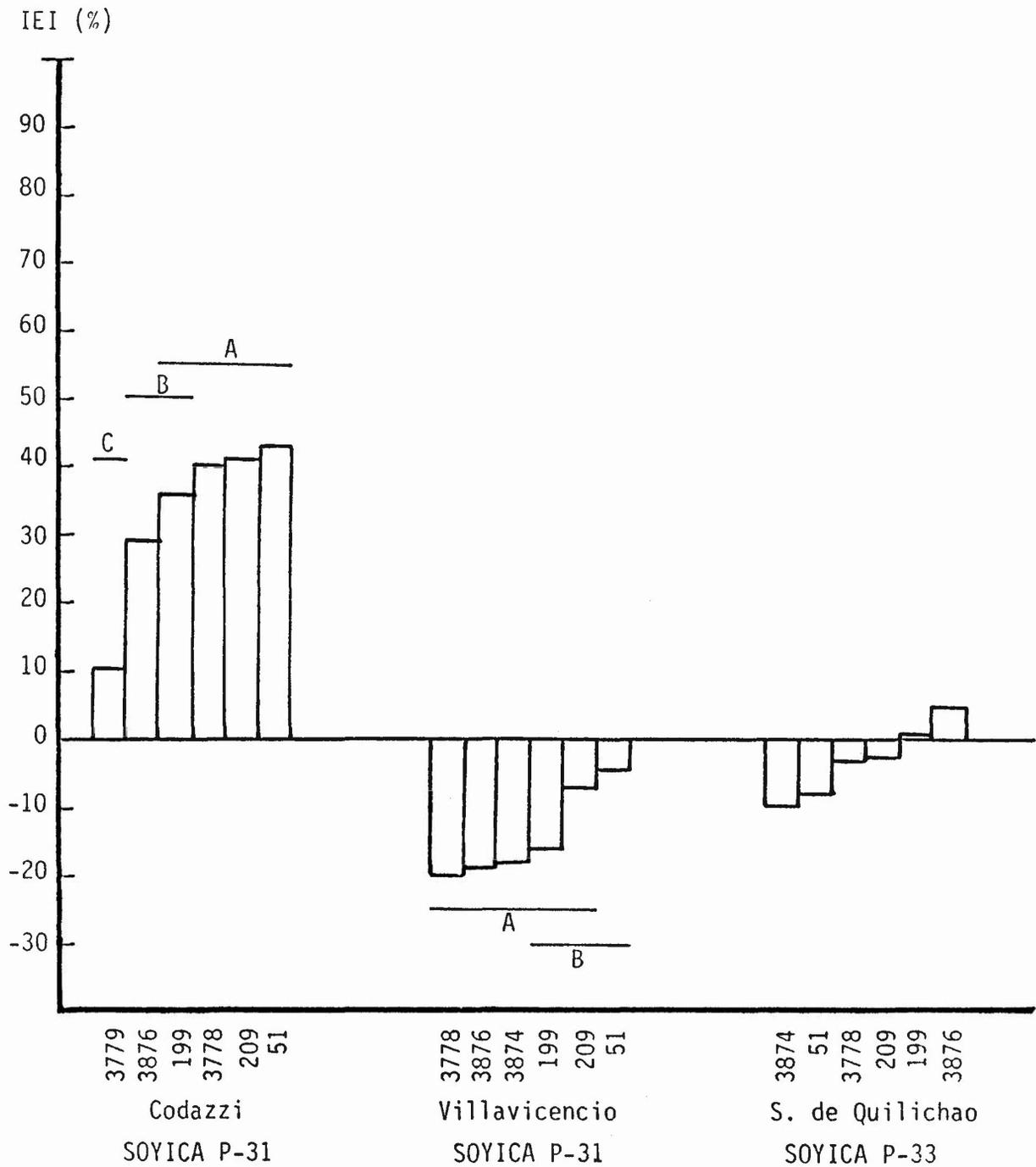


Fig. 4. Índice de efectividad de la inoculación (IEI) en dos variedades de soya inoculadas con seis cepas de rizobios en suelos de tres regiones colombianas

sentaron factores de estrés comunes: la reacción fuertemente ácida, el bajo nivel de fósforo disponible y deficiencias de Ca y Mg, además del contenido tóxico de Al en el suelo de Villavicencio y de Mn en el de Quilichao. También, la presencia de N mineral inhibió la formación de nódulos efectivos. En estos suelos no se encontró respuesta a la inoculación (Figuras 2 y 4).

Para recomendar el inóculo más eficiente a los agricultores de cada región, se deben probar las seis cepas en los mismos suelos, en parcelas de campo, en los sitios donde se tomó el suelo y en las condiciones ambientales de cada lugar, con el fin de evaluar el efecto sobre el rendimiento y corroborar los resultados obtenidos.

3.4. Relación entre la efectividad de seis cepas de Bradyrhizobium japonicum y las características de las colonias desarrolladas en medio de cultivo LMA

Al cultivar las colonias de las cepas CIAT 51, CIAT 199, CIAT 209, CIAT 3778, CIAT 3874 y CIAT 3876 se observaron diferentes categorías de crecimiento de las cepas. Por lo tanto se puede decir que en general no se presentó una tendencia marcada entre la eficiencia simbiótica de las cepas y el tipo de colonias (tamaño, apariencia y textura).

4. CONCLUSIONES

- 4.1. Las cepas que presentaron mayor efectividad potencial (CIAT 51, CIAT 199, CIAT 209, CIAT 3778, CIAT 3876) conservaron su habilidad para fijar nitrógeno al ser probadas en diferentes condiciones de suelo.
- 4.2. Por efecto de los tratamientos de inoculación en los suelos de Providencia, Palmaseca, Nataima, Turipaná y Codazzi se presentaron respuestas significativas a pesar de presentar cada suelo factores limitantes; solo en los suelos de Villavicencio y Santander de Quilichao no se observó respuesta.

4.3. El mayor rendimiento de N en la parte aérea de la planta se encontró en la variedad SOYICA P-32 en asociación con las cepas CIAT 3778 y CIAT 51 y sembrada en el suelo de Palmaseca, y en general en los diferentes suelos y variedades probados, estas dos cepas fueron las menos afectadas por el genotipo de soya, en cuanto a su efectividad simbiótica.

4.4. La alta respuesta a la inoculación con rizobios en el suelo de Palmaseca se debió en parte a su baja disponibilidad de nitrógeno mineral y a la tolerancia de la variedad SOYICA P-32 a la alcalinidad del suelo.

4.5. En algunos suelos del Valle del Cauca, es conveniente inocular la soya con cepas efectivas de rizobios, principalmente aquellos con baja disponibilidad de nitrógeno mineral (Palmaseca) o que tienen poblaciones de rizobios nativos poco efectivos (Providencia).

4.6. En el suelo de Nataima se observó marcada respuesta a la inoculación en la variedad SOYICA N-21, pues la mayoría de las cepas superaron al testigo fertilizado con N, con excepción de la cepa CIAT 3874.

4.7. El alto nivel de disponibilidad de N mineral en el suelo de Turipaná fue el principal factor que limitó el establecimiento de una simbiosis más efectiva entre la variedad SOYICA P-31 y las cepas inoculadas.

4.8. En forma general no se presentó una relación bien definida entre la eficiencia simbiótica de las cepas probadas y las características de sus colonias.

5. BIBLIOGRAFIA

1. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL-CIAT. Simbiosis leguminosa-rizobio; manual de métodos de evaluación, selección y manejo. Cali, 1987. 178 p.

2. ————. Evaluación, selección y manejo de la simbiosis leguminosa-rizobio; Guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audio tutorial sobre el mismo tema. CIAT, 1987. 79 p.
3. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO - ICA, PALMIRA. Sección de leguminosas de grano y Oleaginosas anuales. Variedades mejoradas. ICA, 1968. p. 7 - 10.
4. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI - IGAC, BOGOTA (COLOMBIA). Capacidad de uso de los suelos de la Llanura del Caribe. Bogotá, 1980. Esc. 1 : 1.500.000.
5. ————. Estudio semidetallado de suelos del Valle Geográfico del Río Cauca. Bogotá, 1980. Esc. 1: 50.000. Plancha No. 280 - III y 300 - II.
6. ————. Estudio general de suelos de los municipios del Calvario, Guamal, Aca-cias, Villavicencio, Restrepo y Cumaral (departamento del Meta). Bogotá, 1980. Esc. 1:1.500.000.
7. ————. Los suelos del Valle Geográfico del Río Cauca. Bogotá, 1981. Esc. 1: 500.000.
8. JORDAN, D. C. Family III. Rhizobiaceae Conn 1938. In: KRIEG and HOLT (eds) Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 8 ed. Baltimore, Williams and Wilkins, 1984. p. 234-254.
9. UNIVERSITY OF HAWAII. NIFTAL PROJECT. The Rhizobium germoplasm resource at NIFTAL; catalogue of strains. 1984. p. A-1, A-5.
10. VARELA, G. R. Comportamiento de algunas cepas de Rhizobium japonicum en tres variedades de soya (Glycine max (L.) Merr.). Tesis de M.Sc. Bogotá, Universidad Nacional - Instituto Colombiano Agropecuario, 1976. 79 p.
11. YELTON, M. M.; YANG, S. S.; EDIE, S. A.; LIM, S. T. Characterization of an effective salt-tolerant fast-growing strain of Rhizobium japonicum. Journal of General Microbiology. 129 p. 1537 - 1547. 1982.