

05
EVALUACION DE LA FIJACION SIMBIOTICA DE NITROGENO POR
EL CULTIVO DE LA SOYA (*Glycine max* (L.) Merrill) EN UN SUELO
DEL VALLE

Milena Carmen C. *

Nydia Carmen C. *

Raul Varela G. **

COMPENDIO

En el ensayo se utilizaron isolineas noduladoras y no noduladoras de soya ICA Taroa. Considerando la alta disponibilidad de nitrógeno en el suelo (Vertic Ustropept) y asumiendo que las isolineas extraen cantidades equivalentes, la diferencia en nitrógeno total representa el nitrógeno fijado. Para estimar la cantidad de nitrógeno equivalente al fijado biológicamente se emplearon dosis crecientes de nitrógeno en la isolinea no noduladora; la dosis que produjera un rendimiento similar al de la isolinea noduladora sin fertilizar representaría este valor. La soya fijó 132.51 kg de N/ha que representa 56.7 o/o de la absorción total. La dosis de nitrógeno equivalente al nitrógeno fijado fue de 126.00 kg/ha, con un rango de variación entre 98.20 y 154.10 kg. La tasa máxima de fijación de nitrógeno ocurrió al inicio de la formación de las vainas (29.45 mg/pl/día). Las plantas acumularon nitrógeno en los órganos vegetativos (tallos y hojas) hasta el inicio de la formación de los granos, con translocación hacia las formas reproductivas a partir de esta fecha.

ABSTRACT

Field studies were conducted to evaluate the magnitude of symbiotic N₂ fixation by soybean (*Glycine max*) using nodulating and non nodulating isolines of the ICA Taroa variety. As the soil (Vertic Ustropept) is high in nitrogen and in the assumption that isolines are equally capable of utilizing, estimations of N₂ fixation obtained by differences in total nitrogen content of the two isolines are valid. To estimate the symbiotic N₂ fixation, increasing amounts of N were applied to the non nodulating isoline; the amount that yield equal to the nodulating isoline without fertilizer, is considered as the fertilizer N equivalent. A fixation of 132.51 kg N/ha was found. This amount represent 56.7 o/o of total N uptake. The fertilizer N equivalent to equal symbiotic N fixation was 126.00 kg N/ha. The rate of daily N₂ fixation reached its peak of 29.45 mg/pl/day at early pod formations. The soybean accumulated N in vegetative tissues up to early pod filling stage, with mobilization of N from vegetative tissues to pods during pod development.

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

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

1. INTRODUCCION

La soya puede fijar nitrógeno atmosférico por la asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*. Como la fijación depende de la variedad, cepa de la bacteria, suelo, clima etc. los valores reportados presentan gran variabilidad (Hardy et al, 5; Weber, 10). Además, algunas prácticas del manejo del cultivo como las aplicaciones de nitrógeno reducen la fijación (Bhangoo y Albritton, 2; Deibert, Bijeriego y Olson, 4). En el Valle, la fijación de N/ha/cosecha se ha estimado entre 57-94 kg (CIAT, 3) y en 98 kg (Belalcázar, 1).

Para evaluar la fijación se emplean las técnicas de reducción del acetileno y el uso de nitrógeno marcado con isótopos noduladora y no noduladora. También es posible utilizar las isótopos noduladora y no noduladora sin nitrógeno marcado, bajo condiciones de adecuada disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

El trabajo se llevó a cabo para evaluar cuantitativamente el aporte de nitrógeno por fijación simbiótica al cultivo de la soya en suelos del Valle y para determinar la dosis de nitrógeno equivalente a la fijación.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El trabajo, constituido por 2 ensayos, se efectuó en el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA de Palmira con la variedad ICA Taroa. El ensayo 1 se llevó a cabo en un suelo Vertic Ustropept de alta fertilidad, aplicando 0, 30, 45, 60, 75, 90 y 120 kg N/ha, fraccionados en terceras partes, a los 30, 45 y 60 días después de la siembra a la isótopo no noduladora. Se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro bloques y diez parcelas por bloque, en el cual los testigos llevaban dos repeticiones dentro de cada bloque y los demás tratamientos una repetición. Cada parcela constaba de seis surcos (6 m) separados 60 cm entre sí y 10 cm entre plantas.

Semanalmente se tomaron 10 plantas de las parcelas testigo para evaluar los nódulos activos y totales, longitud del tallo y raíz y la materia seca de raíz, tallo, hojas y granos. Durante las semanas 2, 4, 6, 7, 9, 11 y 12 se analizó el nitrógeno total (micro kjeldahl). El rendimiento se determinó con base en 100 plantas, cosechadas en los 2 surcos centrales. El nitrógeno fijado se determinó por diferencia entre el nitrógeno total de la isótopo noduladora y el de la no noduladora, asumiendo que ambas isótopos extraían la misma cantidad de nitrógeno del suelo.

El ensayo 2 se realizó en un suelo Typic Pellustert de alta fertilidad, em-

pleando las mismas dosis y arreglo de las parcelas del ensayo 1, pero fertilizando ambas isolíneas y fraccionando el nitrógeno a los 0, 15, 30 y 45 días. En este segundo ensayo sólo se tuvo en cuenta el rendimiento.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Comportamiento de la isolínea noduladora y no noduladora.

El crecimiento de la raíz y el tallo fué similar en ambas isolíneas, así como la acumulación de materia seca hasta los 42 días, época en que la isolínea noduladora empezó a acumular mayor peso (Figura 1). Los resultados confirman la similitud agronómica entre las isolíneas noduladora y no noduladora (Weber, 9); la diferencia en la acumulación de materia seca que se observa a partir de esta época se atribuye al nitrógeno fijado por la isolínea noduladora (Figura 2).

El número de nódulos aumenta consecutivamente de los 14 a los 42 días, época de la máxima floración cuando el número se duplica, conservándose hasta los 56 días cuando empieza a decrecer. El peso de los nódulos se triplica para estas mismas fechas. La efectividad de los nódulos, estimada visualmente por su tamaño y color, logra un máximo a los 56 días en plena formación de las vainas (Cuadro 1).

3.2. Nitrógeno en las diferentes partes de la planta.

Las raíces acumulan nitrógeno progresivamente durante todo el período vegetativo de la planta; la acumulación de nitrógeno en los tallos y en las hojas muestra un patrón muy similar (Figura 3). El contenido de nitrógeno en tallos y hojas de isolínea no noduladora, aumenta hasta los 49 días después de la siembra; en la isolínea noduladora, esta acumulación se extiende hasta los 63 días. Al disminuir el nitrógeno en tallos y hojas se empieza a acumular en vainas y granos (Cuadro 2). Un patrón de acumulación y translocación similar describen Harper (6) y Weaver y Morris (8), quienes no detallan la forma en que la translocación se efectúa.

3.3. Nitrógeno total y estimaciones de nitrógeno fijado.

Se obtuvo una fijación de 795.14 mg/pl (Cuadro 3) que para una población de 166666 pl/ha equivalen a 132.52 kg N/ha, 56.7 o/o del nitrógeno total tomado por la isolínea noduladora (233.71 kg). La máxima tasa de fijación se obtuvo a los 49 días (29.45 mg/pl/día). Deibert, Bijeriego y Olson (4) y Kato (7) reportan resultados similares.

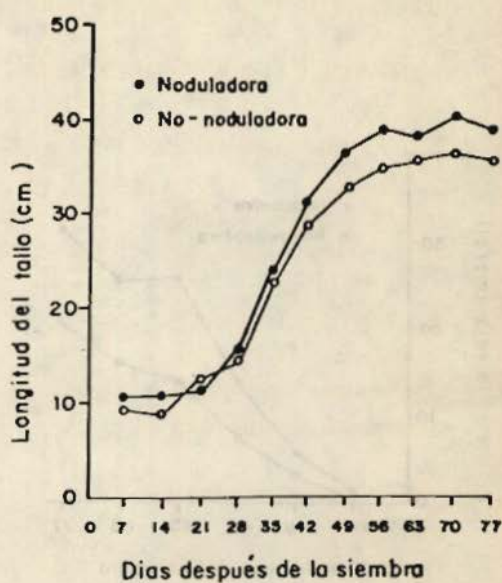
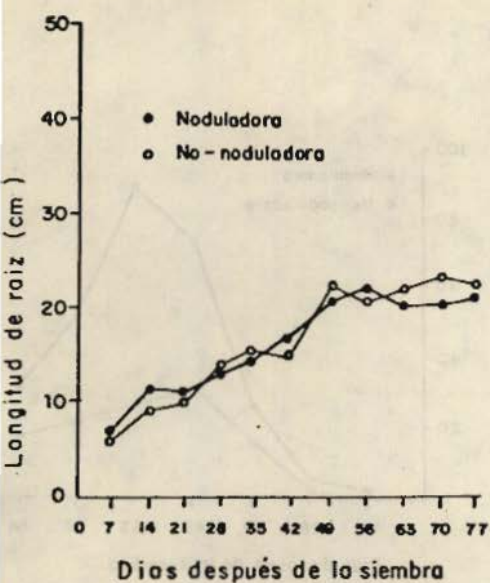


Fig 1. Crecimiento vegetativo de la raíz y del tallo de isolíneas de soja ICA-Tarao

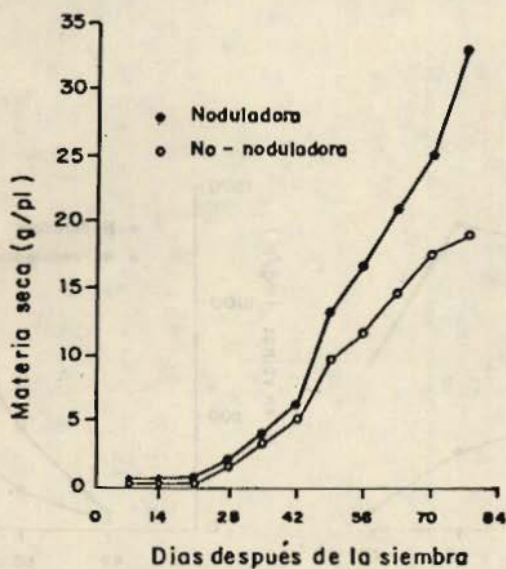


Fig 2. Acumulación de materia seca en isolíneas de soja ICA-Tarao.

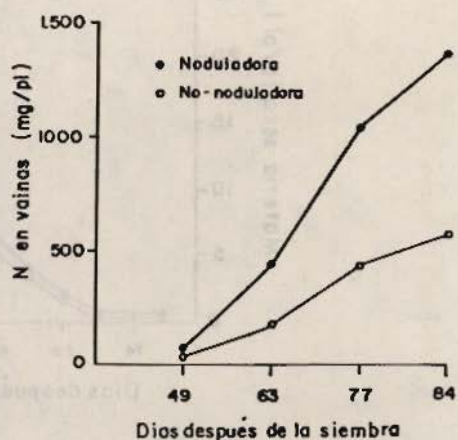
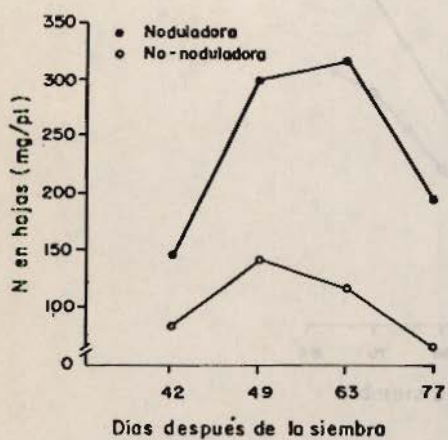
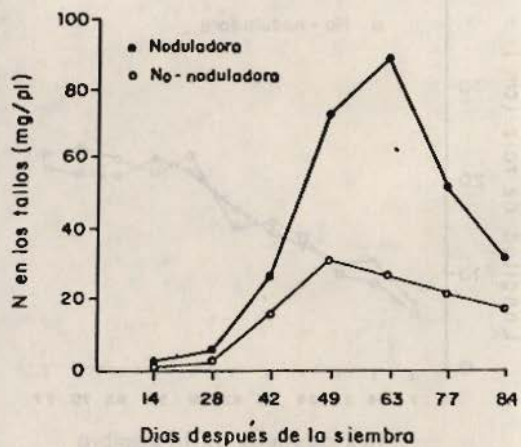
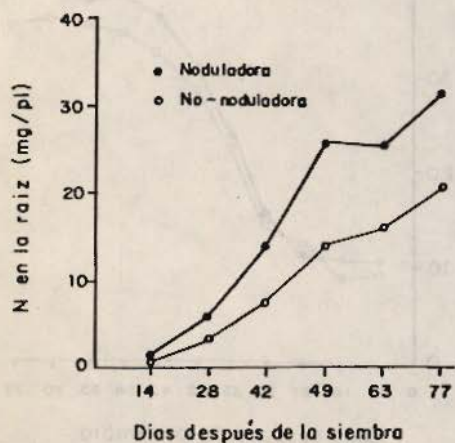


Fig. 3. Contenido de nitrógeno en la raíz, tallos, hojas y vainas de las isolíneas de soja ICA-Taroa.

Nódulos por planta, peso seco de los nódulos y efectividad en la ísolínea noduladora

Días después de la siembra	Número de nódulos por planta	Peso seco de nódulos (mg/planta)	Efectividad 2/ o/o
14	19 ^{1/}	24	-
21	32	35	-
28	35	84	75.4
35	45	189	77.9
42	57	196	76.6
49	105	676	86.5
56	104	769	95.1
63	84	742	43.4
70	64	524	30.6
77	33	339	5.7

1/ Cada dato es promedio de 80 plantas.

2/ Estimada visualmente.

Cuadro 2

Absorción y traslocación de nitrógeno por el cultivo de la soya

Días	NITROGENO (o/o)				
	Nódulos	Raíces	Tallos	Hojas	Vainas
14	27	33		40	
28	23	35		42	
42	5	7	14	74	
49	7	5	14	60	14
63	4	3	10	36	47
77	1	1	4	15	78
84			2		98

Cuadro 3

Nitrógeno total tomado por isolíneas noduladoras y no noduladoras de soya, valor estimado para el nitrógeno fijado y tasa de fijación

Días después de la siembra	Nitrógeno total tomado mg/pl		Nitrógeno fijado mg/pl	Tasa de fijación mg/día/pl
	Isolínea Noduladora	Isolínea No noduladora		
14	3.81	2.22	1.59	0.11
28	14.57	7.80	6.77	0.37
42	199.38	112.13	87.25	5.74
49	511.42	217.96	293.46	29.45
63	886.79	330.83	555.96	18.75
77	1325.24	552.61	772.63	15.48
84	1402.31	607.17	795.14	3.22

3.4. Dosis de nitrógeno equivalente.

La isolínea noduladora respondió muy poco a las aplicaciones de nitrógeno en tanto que la isolínea no noduladora respondió ampliamente (Cuadro 4). Sin embargo, los resultados no permitieron encontrar experimentalmente la dosis de nitrógeno equivalente. La isolínea no noduladora con la máxima dosis (120 kg N/ha) tuvo un rendimiento (13.36 g/pl) inferior al obtenido por la isolínea noduladora sin nitrógeno (13.85 g).

Para estimar la dosis de nitrógeno equivalente al fijado se calculó la ecuación de regresión para la isolínea no noduladora: \bar{Y} no noduladora = $8.66 + 0.04114 Ni$. Al sustituir \bar{Y} por el rendimiento de la isolínea no noduladora sin fertilizar y al despejar Ni se obtuvo 126 kg N/ha. Al calcular el intervalo de confianza para el rendimiento del tratamiento cero nitrógeno en la isolínea noduladora se obtuvo un rango de variación de 98.20 a 154.10 kg N/ha (Fig. 4).

4. CONCLUSIONES

- 4.1. En el primer ensayo, para una población de 166 666 pl/ha, de una absorción total de 233.71 kg N/ha el 56.7 o/o (132.52 kg/ha N/ha) corresponde a la fijación simbiótica.
- 4.2. En el segundo ensayo, se estimó la dosis de nitrógeno equivalente a la fijación en 126.00 kg/ha, con un rango de variación entre 98.20 y 154.10 kg de N/ha. Para futuras investigaciones de fertilización nitrogenada con una variedad no noduladora se sugiere utilizar dosis mayores de 120 kg/ha.
- 4.3. Los datos sugieren la posibilidad de respuesta a la aplicación de nitrógeno al momento de la siembra, para estimular un rápido desarrollo vegetativo. Se podría ensayar una segunda aplicación en completa floración, época para la cual ya los nódulos están en plena efectividad y se inicia mayor demanda por nitrógeno.
- 4.4. El máximo desarrollo y efectividad de los nódulos se obtuvo a los 56 días, época que corresponde al inicio de llenado de vainas. Dada la amplia variabilidad en el conteo de los nódulos, se sugiere realizarlo entre la floración (42 días) y el inicio de la formación de los granos (63 días), aumentando el tamaño de la muestra o el número de repeticiones.
- 4.5. Las plantas acumulan nitrógeno en tallos y hojas hasta el inicio de la formación de los granos (63 días), con translocación hacia las formas reproductivas a partir de esta fecha.

Cuadro 4

Rendimiento de las isolíneas noduladora y no noduladora de soya con diferentes dosis de nitrógeno

Tratamiento No.	Dosis de nitrógeno kg/ha	Rendimiento g/planta	
1	0	13.85	N O D U L A D O R A
2	30	13.36	
3	45	14.45	
4	60	14.42	
5	75	14.85	
6	90	15.35	
7	120	15.06	
8	0	7.97	N O N O D U L A D O R A
9	30	10.72	
10	45	10.27	
11	60	11.68	
12	75	11.81	
13	190	12.12	
14	120	13.36	

$$Y = 12.80 \text{ g/planta}$$

$$C. V. = 10.93 \text{ o/o}$$

$$\text{o/o} = \frac{1.63}{12.80} \times 100 = 12.73$$

$$DMS 0.05 = 1.63 \text{ g/planta}$$

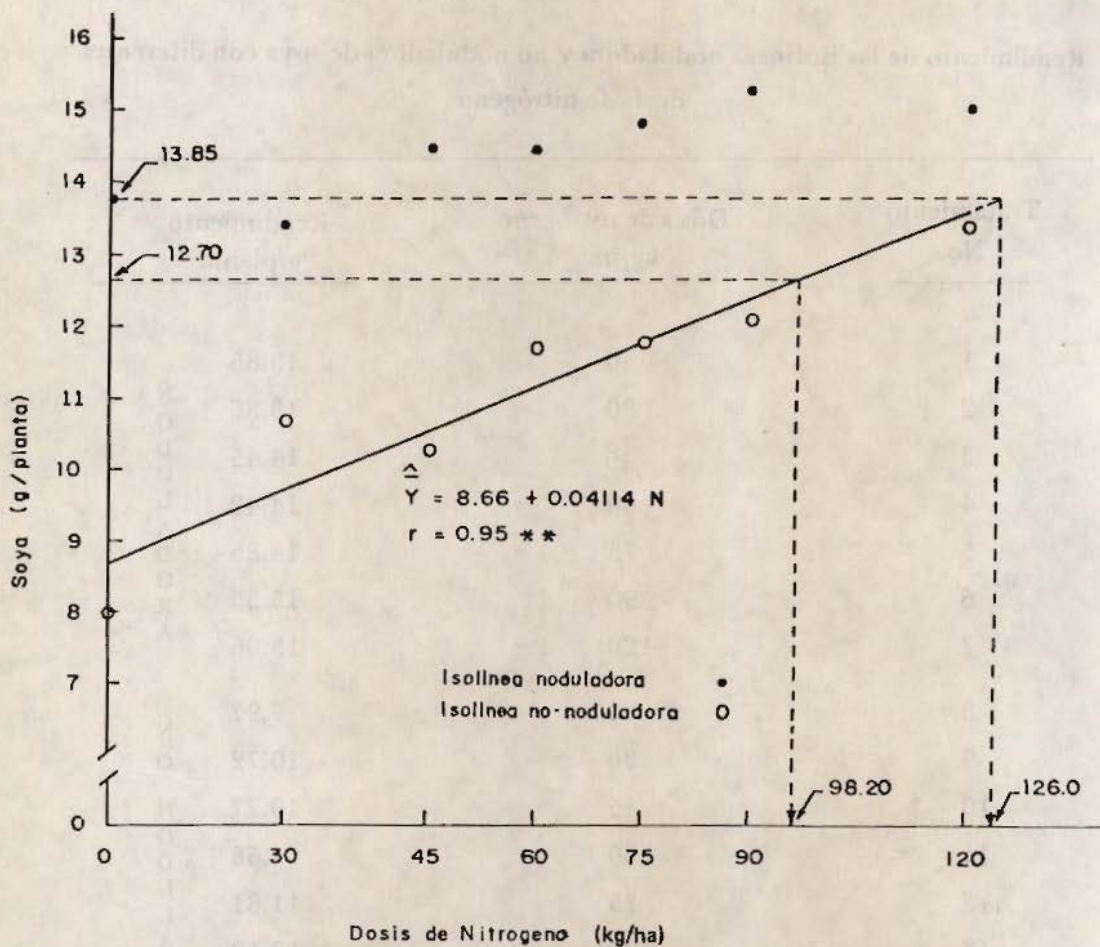


Fig 4. Relación entre el nitrógeno aplicado y el rendimiento de las isollneas noduladora y no noduladora de soya ICA-Taroa.

- 4.6. La máxima tasa diaria de fijación (29.45 mg/pl/día) se obtuvo al inicio de formación de las vainas (49 días) y representa una fijación de 4.90 kg/ha/día.

5. BIBLIOGRAFIA

1. BELALCAZAR, D. J. Inoculación con *Rhizobium japonicum* en soya intercalada con caña de azúcar en el Valle del Cauca. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 1977. 116 p.
2. BHANGOO, M. S, and ALBRITTON, D. J. Nodulating and non-nodulating Lee soybean isolines response to applied nitrogen . Agron. J 68: 642 -645. 1976.
3. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Sistemas de producción de fríjol. Separata del Informe Anual del CIAT. Microbiología. 1976. pp. A 22 - A32.
4. DEIBERT, E. J. ; BIJERIEGO, M. and OLSON, R. A. Utilization of ¹⁵N fertilizer by nodulating and non-nodulating soybean isolines. Agron. J. 71: 717-723. 1979.
5. HARDY, R. W. F. et al. The Acetylene-Ethylene assay for N₂ fixation: laboratory and field evaluation. Plant Physiol. 43: 1185-1209. 1968.
6. HARPER, J. Soil and symbiotic nitrogen requirements for optimum soybean production. Crop Sci 14: 225 -260. 1974.
7. KATO, Y. Studies on nitrogen metabolism of soybean plant. VI utilization and distribution of nitrogen derived from nitrate and symbiotic fixation. Jpn J. Crop. Sci. 50 (3): 282-288. 1981.
8. WEAVER, R. W. and MORRIS, D. R. Mobilization of labelled N in soybean leaves during early podfill. J. Plant Nutr. 5 (9) : 1099 -1108. 1982.
9. WEBER, C. R. Nodulating and non-nodulating soybean isolines. I. Agronomic and chemical attributes. Agron. J. 58 : 43- 46. 1966.
10. ————. Nodulating and non-nodulating soybean isolines. II. Response to applied nitrogen and modified soil conditions . Agron. J. 58: 46- 49. 1966.