

# FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE LA SOYA EN UNA ROTACIÓN INTERANUAL CON MAÍZ BAJO DIFERENTES MANEJOS DE LOS RESIDUOS DE COSECHA EN LOS LLANOS CENTRALES

Belkys Rodríguez<sup>1</sup>, Mingrelia España<sup>2</sup>, Manuel De Jesús<sup>1</sup> y Gerardo Pignone<sup>3</sup>

1 INIA-CENIAP, [brodriguez@inia.gob.ve](mailto:brodriguez@inia.gob.ve)

2 IDEA, [mespana@idea.gob.ve](mailto:mespana@idea.gob.ve)

3 INIA-GUARICO-Estación Experimental Valle de la Pascua [gpignone@inia.gob.ve](mailto:gpignone@inia.gob.ve)

## RESUMEN

El propósito del trabajo fue evaluar la fertilización nitrogenada de la soya en una rotación interanual con maíz bajo diferentes manejos de los residuos de cosecha en un vertisol de los Llanos Centrales. Se utilizó un diseño en bloques al azar con arreglo de tratamientos en parcelas divididas y tres repeticiones. En la parcela principal se ubicaron las labranzas: siembra directa (SD), cincel en rotación con siembra directa cada dos años (CSD) y dos pases cruzados de rastra (LC). En la subparcela, el manejo de los residuos de cosecha: manteniéndolos en la superficie del suelo (MR) y exportándolos (ER). El maíz fue fertilizado con 150, 45 y 45 kg.ha<sup>-1</sup> de N, P y K respectivamente, y la soya, con 20 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 45 kg.ha<sup>-1</sup> de P y K. Las labranzas CSD y LC favorecieron la acumulación de N en el grano y la aplicación del fertilizante nitrogenado en la fructificación y reproducción de la soya, incrementaría los rendimientos y la fijación biológica de N.

**Palabras claves:** Fijación biológica de nitrógeno, Delta <sup>15</sup>N, Nitrógeno y Rendimiento

## INTRODUCCION

La soya es originaria del norte de China (40° de latitud norte), el descubrimiento del gen que determina el período juvenil en la floración, hizo posible su adaptación a zonas tropicales ubicadas entre los 10° de latitud norte y sur, convirtiéndose en una de las fuentes más importantes para la provisión de aceites, grasas y proteínas vegetales de la región. En el país, la historia de cultivo se inicia en 1947, con la introducción de variedades procedentes de los Estados Unidos. Para 1991, se contaba con varios materiales elegibles procedentes de la empresa privada con un potencial de rendimiento cercano a los 2900 kg.ha<sup>-1</sup> (Solórzano, 1992), posteriormente, se redujo el área cultivada, debido al régimen de políticas arancelarias implantado; pasando de 7088 ha en 1989 a 2000 ha en 1998 (Casanova, 2001). Entre 1999 y 2007, el promedio de rendimiento, producción y superficie cosechada ha sido de 2437,66 kg.ha<sup>-1</sup>, 10598,11 t y 5530,33 ha respectivamente, indicando un mejoramiento de la superficie cosechada, no así de los rendimientos. La demanda del mercado nacional para 2011, se estima en 341000 t de grano, 900000 t de harina y 290000 t de aceite, siendo la dependencia del grano de 96,98%. El Ministerio del Poder Popular Para la Agricultura y Tierra (MPPAT), proyecta un incremento de la superficie de siembra hasta alcanzar 166177 ha en el 2019, con el propósito de disminuir las importaciones del cultivo (MPPAT, 2009). En los Llanos Centrales, el mayor potencial de producción se ubica en los suelos de mediana alta fertilidad y con mejor retención de humedad, como es el caso de los vertisoles. La fertilización nitrogenada del cultivo en el país, siempre ha sido referida a la aplicación de una pequeña cantidad de nitrógeno al momento de la siembra y a la inoculación con el *Rhizobium* (Solórzano, 2000; Casanova, 2001). La soya es un cultivo de rotación, esto se debe a su poder erosivo como monocultivo, por esta razón es necesario manejar

la fertilización con ese enfoque, también se requiere su valoración con diversos tipos de uso de la tierra. El objetivo del presente trabajo es evaluar el manejo de la fertilización nitrogenada de la soya en una rotación interanual con maíz bajo diferentes manejos de los residuos de cosecha en los Llanos Centrales.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en la Finca “**Tierra Nueva**”, Municipio Urdaneta, entre los límites del Sur de Aragua y Norte de Guárico, en un vertisol, Typic Haplusterts arcillosa fina, mixta, isohipertérmica, el cual presenta altos contenidos de arcilla, compactación subsuperficial y erosión hídrica. La precipitación varió en el ciclo de rotación entre 1 125,5 mm, para el año que se sembró el maíz y 618,5 mm para el de la soya. Se utilizó un bloques al azar repetido tres veces, con arreglo en parcelas divididas. En las parcelas se ubicaron los sistemas de labranza evaluados: siembra directa (**SD**), una combinación de siembra directa en rotación con cincel cada dos años (**CSD**) y labranza convencional (**LC**), la cual consistió en dos pases de rastra cruzado, igualmente se localizaron en la subparcela, los manejos de los residuos de cosecha: exportándolos de la superficie del suelo, simulando un pastoreo (**ER**) y manteniéndolos (**MR**). Los materiales de maíz y soya sembrados fueron Cargill 580 y Cristalina inoculada con *Bradyrhizobium japonicum* respectivamente. El maíz, fue fertilizado con 150 kg $ha^{-1}$  de nitrógeno (**N**), 45 de fósforo (**P**) y 45 kg $ha^{-1}$  de potasio (**K**); la soya, con 20 kg $ha^{-1}$  de N, 45 kg $ha^{-1}$  de P y 45 kg $ha^{-1}$  de K. Se utilizó sorgo como cultivo de referencia (control) para la determinación de  $^{15}N$  por abundancia natural ( $D^{15}N$ ), mediante espectrofotometría de masa (OIEA, 1990). El porcentaje de la fijación biológica de nitrógeno se estimó a través de las siguientes relaciones:

$$D^{15}N\% = \frac{\% \text{ átomos de } ^{15}N \text{ en el aire} - \% \text{ átomos de } ^{15}N \text{ soya}}{\% \text{ átomos } ^{15}N \text{ soya}}$$

$D^{15}N\%$ : Abundancia Natural de  $^{15}N$

$$\%NDFB = 1 - \frac{D^{15}N\% \text{ planta fijadora (soya)}}{D^{15}N\% \text{ planta control (sorgo)}}$$

$\%NDFB$ : Porcentaje de nitrógeno derivado de la fijación biológica

La biomasa aérea fue determinada a los 48, 63, 78 y 91 día después de la siembra (DDS), el contenido de nitrógeno en la planta (N) mediante una digestión húmeda (ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno) y determinación calorimétrica, así como, los rendimientos en kg $ha^{-1}$  a cosecha.

## RESULTADOS Y DISCUSION

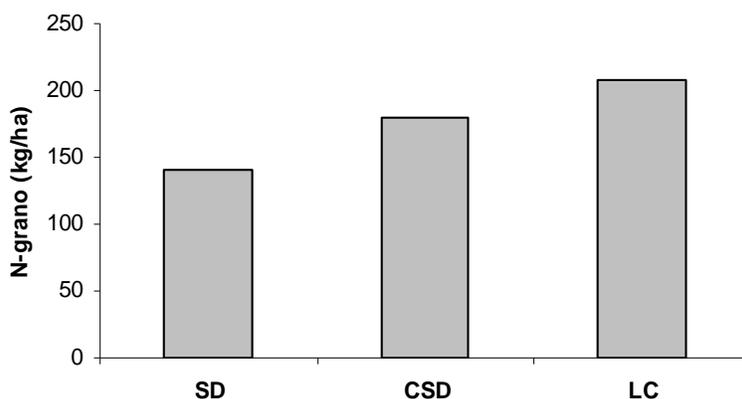
El nitrógeno en el grano mostró una tendencia a ser afectado por la labranza ( $P=10$ ), mientras que el manejo de los residuos de cosecha genero un comportamiento similar en el grano ( $P=0,0580$ ), biomasa total ( $P=0,0843$ ), nitrógeno en el grano ( $P=0,0964$ ) y nitrógeno total ( $0,0684$ ), no así en  $\%NDFB$  ( $P=0,0005$ ), cuyo efecto fue contundente (Cuadro 1). El contenido de N en el grano fue mayor con LC, obteniendo 207,99 kg. $ha^{-1}$  en comparación con CSD que alcanzó 179,55 kg. $ha^{-1}$  y SD, 140,99 kg. $ha^{-1}$  (Figura 1). Esta respuesta puede ser explicada por la acción de la rastra sobre los residuos de cosecha, lo en condiciones de humedad adecuada y aireación hace que aumente el N del suelo por la acción de los microorganismos ureolíticos y proteolíticos. En consecuencia,

en LC, se libera una mayor cantidad de N, en comparación con CSD y SD (España et al., 2002). La liberación de nutrientes a partir de un abundante rastrojo en descomposición constituye una importante fuente de nutrientes, por lo que debería incluirse en los cálculos para requerimientos de fertilización de los cultivos (Abril et al., 2005). La biomasa total ( $5534,04 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), el rendimiento en grano ( $3615,29 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), el contenido de nitrógeno total ( $224,34 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y en el grano ( $206,95 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), mostraron una tendencia a ser mayores en MR, cuando se compararon con ER:  $4623,73 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $3218,16 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $157,84 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y  $145,40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  respectivamente (Figuras 2, 3, 4 y 5). Particularmente, el año que estuvo la soya en el campo fue más seco ( $618,50 \text{ mm}$ ) en relación al anterior, cuando estuvo el maíz ( $1125,50 \text{ mm}$ ), lo que hace pensar que la siembra de la soya sobre los residuos de maíz, ayudo a la conservación de la humedad del suelo, favoreciendo el desarrollo de la planta.

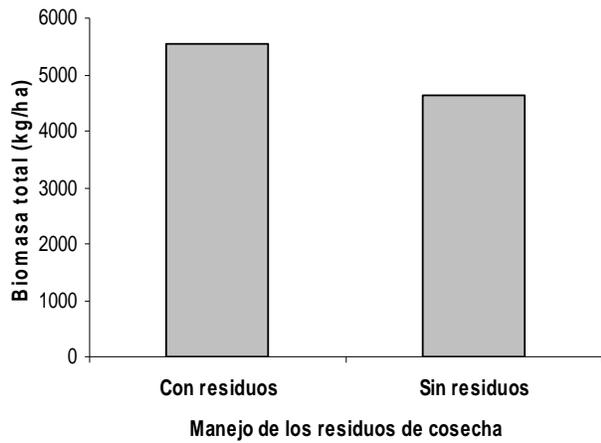
**Cuadro 1 Efecto de los tratamientos aplicados sobre el crecimiento de la soya**

Variables	Labranza	Residuos	Labranza*Residuos
	<i>Probabilidad</i>		
Rastrojo	0,7231	0,1117	0,7774
Grano	0,1509	<b>0,0580</b>	0,1269
Biomasa total	0,1745	<b>0,0843</b>	0,7225
Nitrógeno rastrojo	0,4056	0,1573	0,1254
Nitrogeno grano	<b>0,0957</b>	<b>0,0964</b>	0,6048
Nitrógeno-total	0,1135	<b>0,0684</b>	0,6837
% NDFB en rastrojo	0,9277	0,2188	0,2859
% NDFB en grano	0,9443	<b>0,0005</b>	0,1457

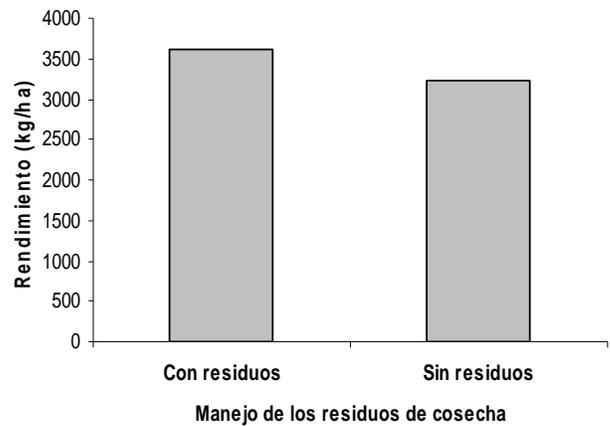
Ndfa: nitrógeno derivado de la fijación biológica



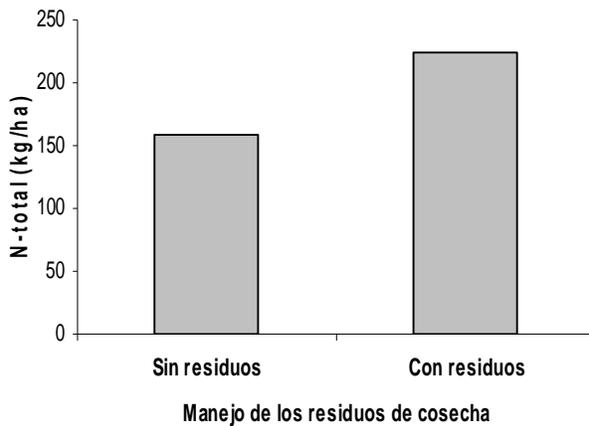
**Figura 1. Nitrógeno en el grano bajo diferentes sistemas de labranza**



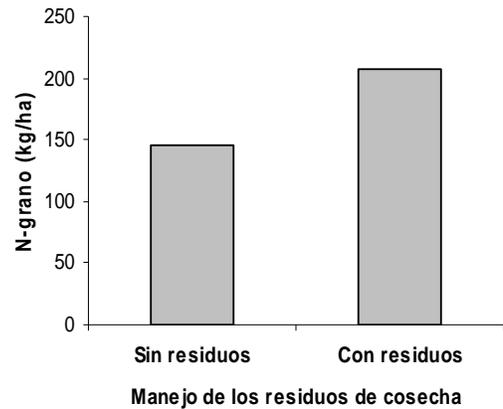
**Figura 2. Biomasa total de la soja bajo manejo de los residuos de cosecha**



**Figura 3. Rendimiento de la soja bajo manejo de los residuos de cosecha**



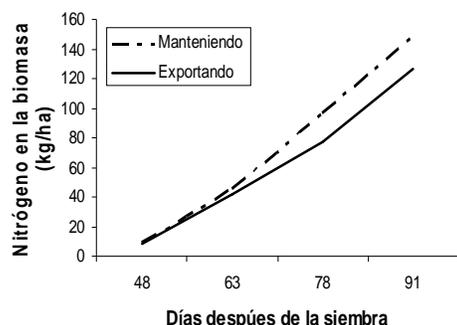
**Figura 4. Nitrógeno total bajo el manejo de los residuos de cosecha**



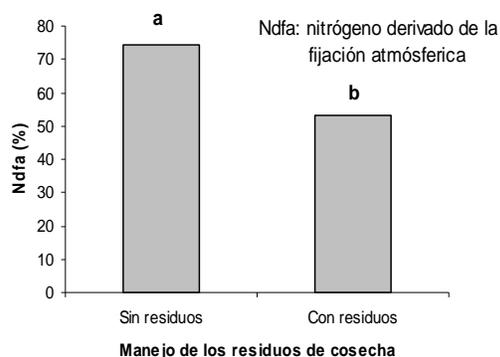
**Figura 5. Nitrógeno en el grano bajo el manejo de los residuos de cosecha**

La tasa de absorción de N, también evidencia un fuerte incremento a partir de los 63 DDS, tanto para MR, como para ER, en ambos casos, con una mayor movilización del elemento en las etapas más avanzadas de desarrollo (fructificación y reproducción), donde la actividad nodular se reduce. Sin embargo en MR, la acumulación de N resultó superior (Figura 6); lo que sugiere la aplicación del fertilizante nitrogenado de base ( $20 \text{ kg ha}^{-1}$ ) siguiendo el patrón de la demanda de N por la planta (Wesley et al; 1998). Esto debido a que en suelos de mediana a alta fertilidad, la adición de N en etapas tempranas del cultivo puede inhibir la formación de nódulos, favorecer un excesivo desarrollo vegetativo y mayores pérdidas de agua por evapotranspiración. En suelos de baja fertilidad y problemas de acidez, se ha encontrado una disminución de los contenidos N, durante la etapa

reproductiva (Casanova y Gómez, 1990). Los resultados obtenidos para el %NDFB, 53,12% en MR, y 74,53% en ER (Figura 7), confirman que en MR, había mayor disponibilidad inicial de N en el sistema suelo-plantas, afectando negativamente la fijación biológica.



**Figura 6. Acumulación de nitrógeno en la biomasa bajo manejo de los residuos de cosecha**



**Figura 7. Nitrógeno derivado de la fijación biológica bajo manejo de los residuos de cosecha**

Valores seguidos de letras diferentes difieren para  $P < 0,01$

La sostenibilidad del agroecosistema, considerando el balance de nitrógeno en el esquema de rotación, resultó positiva para ambos manejos de los residuos de cosecha (Cuadro 2). De los  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N aplicados en el ciclo del maíz, se generó un residual en el suelo de  $59,90 \text{ kg ha}^{-1}$  tanto para MR, como ER, así mismo, fueron adicionados  $31,80 \text{ kg ha}^{-1}$  por concepto de la aplicación de los residuos de maíz, solo, en MR (Bisbal, 2000). En las dos situaciones se aplicó una fertilización inicial para la soya de  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, así como  $17,00 \text{ kg ha}^{-1}$  de dicho elemento por la incorporación de los residuos producidos por este cultivo en MR. Por Fijación biológica entraron  $119,16$  y  $117,63 \text{ kg ha}^{-1}$  de N en MR y ER respectivamente, lo que determinó mayores entradas para MR ( $247,86 \text{ kg ha}^{-1}$ ) en comparación con ER ( $197,53 \text{ kg ha}^{-1}$ ). A pesar que hubo una mayor movilización de N por el grano en MR, la cantidad de nitrógeno que permaneció en el agrosistemas fue de  $40,91 \text{ kg ha}^{-1}$ , a diferencia de ER, que obtuvo  $12,89 \text{ kg ha}^{-1}$ . Esto se explica por las contribuciones de los residuos de cosecha al pool de N en el suelo.

**Cuadro 2 Balance de nitrógeno de la soya en rotación interanual con maíz bajo manejo de los residuos de cosecha ( $\text{kg ha}^{-1}$ )**

	Manejo de los residuos de cosecha	
	Con residuos	Sin residuos
<b>Entradas</b>		
Fertilizante-soya	20,00	20,00
Suelo	59,90	59,90
Fijación	119,16	117,63
Residuos de maíz	31,80	
Residuos de Soya	17,00	
<b>Total</b>	<b>247,86</b>	<b>197,53</b>
<b>Salidas</b>		
Residuos de maíz		31,80
Residuo Soya		12,44
Grano soya	206,95	140,40
<b>Total</b>	<b>206,95</b>	<b>184,64</b>
<b>Entradas - Salidas</b>	<b>40,91</b>	<b>12,89</b>

## CONCLUSIONES

En suelos con problemas de permeabilidad y drenaje interno por el incremento de arcilla, los sistemas de labranza que perturban, favorecen la acumulación de N en el grano de la soya, sobre todo en los años secos, igualmente, la condición de mediana a alta fertilidad, con un contenido de nitrógeno importante proveniente del pool nativo del suelo, de la fertilización del cultivo anterior (maíz) y de los residuos de cosecha acumulados en la superficie del suelo, orientan la aplicación del fertilizante nitrogenado ( $20 \text{ kg ha}^{-1}$ ), entre las etapas de fructificación y reproducción, a fin de incrementar los rendimientos y la fijación biológica de N.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril A.; P. Salas, E. Lovera, S. Kopp y N. Casado. 2005.** Efecto acumulativo de la siembra directa sobre algunas características del suelo en la región semiárida central de Argentina. *Cienc. Suelo*. 23 (2):179-188.
- Cabrera-Bisbal, E. 2002.** Las técnicas isotópicas en la dinámica de nitrógeno en el continuo suelo-planta de agrosistemas en Venezuela. *Venesuelos* 11(1-2):30-39
- Casanova E. 2001.** Evaluación de la nutrición de la soya en Guárico-Venezuela. *Informaciones Agronómicas* 45:10-12
- Casanova E. y N. Gómez. 1990.** Nutrición mineral de la soya (*Glycine max* (L) Merr) y su relación con la fertilización fosforada y potásica en un suelo del estado Guárico Venezuela. *Agronomía Tropical* 40 (1-3): 91-101.
- España, M., B. Rodríguez, E. Bisbal, y B. Ceccanti. 2002.** Actividades enzimáticas y contribución de los residuos de cosecha de maíz al N del suelo en diferentes sistemas de labranza, en los Llanos Centrales, Venezuela. *Terra* 20:81-86.
- MPPAT. 2009.** Proyecciones para alcanzar la soberanía agroalimentaria período 2009-2019. Presentación.
- OIEA. 1990.** Empleo de técnicas nucleares en los estudios de la relación suelo-planta. Colección de cursos de capacitación N° 2. Editado por G. Hardarson. Viena. 311 p.
- Solórzano P. 1992.** La soya: su producción en Venezuela. Publicaciones técnicas Protinal, Caracas, Venezuela. 189 pp.
- Wesley T., R. Lamond, V. Martín y S. Duncam. 1998.** Effects of late Season nitrogen fertilizer on irrigate soybean yield and composition. *J. Prod. Agric.* 11:331-336.