

NUTRICION Y USO RACIONAL DE LOS FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE SOYA

Carmen Rosa Salamanca S.*

En la Orinoquia Colombiana el Piedemonte es la zona agroecológica con mayor potencial agropecuario donde el cultivo de soya es una alternativa de rotación con otros cultivos como maíz y arroz y mediante la incorporación de los residuos de cosecha se propicia el ciclaje de nutrientes y el mejoramiento a las propiedades físicas y biológicas. En los Llanos Orientales existen 160.000 hectáreas en suelos de vega (Clase I) de las cuales 126.000 has. corresponden al departamento del Meta, los cuales son aptos para el cultivo de soya por cumplir las siguientes características: profundos, fertilidad media a alta, saturación de aluminio menor del 20%, buen drenaje, nivel freático bajo, topografía plana, de texturas francas que permitan buena aireación y retención de humedad, lo cual facilita la absorción de agua y nutrientes.

Para lograr una producción eficiente y sostenible se recomienda la selección adecuada del lote de siembra, el uso del análisis del suelo como diagnóstico de la fertilidad del suelo; el uso eficiente de los fertilizantes de acuerdo con el nivel de nutrientes requerido por el cultivo de soya; el uso de inoculante de rizobio como fuente biológica de nitrógeno.

FACTORES QUE AFECTAN LA NUTRICION DEL CULTIVO DE SOYA

Para realizar un diagnóstico nutricional del cultivo se deben tener en cuenta todos los factores agroecológicos que influyen en las etapas de desarrollo y producción del cultivo.

* I.A. Msc. Suelos, Programa Regional Agrícola - CORPOICA, Regional Ocho. C.I. La Libertad, A.A. 3129 Villavicencio

Algunos de estos factores son:

- **Zona radicular:** El suelo debe ser de estructura granular y permeable para que las raíces se expandan y puedan conseguir agua y nutrientes. Un suelo con capa arable delgada o compactado no ofrece un perfil profundo para una óptima nutrición y anclaje de la planta. Los suelos con mal drenaje presentan sistemas radiculares superficiales.
- **Temperatura:** La temperatura muy alta en la superficie del suelo puede reducir el crecimiento de las raíces finas que son las más activas en el proceso de absorción.
- **pH del Suelo:** La condición ácida del suelo reduce la disponibilidad de nitrógeno, calcio, magnesio, molibdeno y fósforo, e incrementa la del hierro, aluminio, manganeso, boro, cobre y zinc. La acidez restringe el desarrollo de las raíces.
- **Condiciones de humedad:** La sequía hace más lento el movimiento de los nutrientes hacia las raíces.
- **Malezas:** Las malezas compiten con el cultivo por agua, aire, luz y nutrientes, algunos pueden liberar sustancias que puedan inhibir el crecimiento del cultivo.
- **Enfermedades:** Los síntomas de deficiencias de nutrientes son generalizados, no se manifiestan en manchas o en plantas aisladas como en el caso de las enfermedades.
- **Plagas:** No confundir los daños causados por plagas (insectos, nemátodos, ácaros) con la deficiencia de nutrientes.
- **Herbicidas:** Las plantas pueden sufrir daños causados por el efecto de herbicidas residuales o aplicados por error, es necesario identificar los síntomas causados.
- **Prácticas de labranza:** Algunos suelos presentan capas compactadas bajo la superficie que requiere de labranza profunda. Esta condición limita el desarrollo de las raíces que no pueden profundizar y explorar el suelo y esto puede causar síntomas de deficiencia de nutrientes o de exceso o deficiencia de agua.

- **Variiedad:** El potencial de producción o adaptación de un material vegetal a una zona agroecológica, afecta el comportamiento del cultivo.
- **Población de plantas:** La población de plantas por hectárea debe ser tal que use al máximo, el suelo, el agua y los nutrientes.
- **Manejo del agua:** Se requiere un buen drenaje superficial o subterráneo. cuando se usa riego, es necesario aplicar la tecnología del balance hídrico y aplicar la lámina de agua rápidamente aprovechable.
- **Fecha de siembra:** Esto afecta al tasa de crecimiento y el potencial de producción final.
- **Localización del fertilizante:** En los cultivos anuales la aplicación del fertilizante al lado o al fondo del surco es más eficiente.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CULTIVO DE SOYA

La producción de los cultivos esta regulada por el factor más limitante, el incremento en el rendimiento solo se da con la corrección de ese factor. Los limitantes más importantes que se presentan en los suelos de vega son los siguientes:

☛ Deficiencias Nutricionales:

Los suelos de vega presentan variabilidad en su fertilidad; por lo tanto, para asegurar altos rendimientos, se deben fertilizar de acuerdo con el análisis del suelo, teniendo como referencia los requerimientos nutricionales del cultivo (Tabla 1), los niveles críticos y las condiciones agroecológicas de la región.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA
Y RIEGOS
CORPOICA
DIRECTOR DE PLANEACIÓN

Tabla 1. Requerimientos nutricionales para la producción de dos toneladas de soya por hectárea.

| Elemento Nutriente | Cantidad Promedio (kg/ha) |
|--------------------|---------------------------|
| N | 180 |
| P205 | 40 |
| K20 | 75 |
| Ca | 45 |
| Mg | 20 |
| S | 14 |

Fuente: Ohlogge y Kamprath, 1968, citados por Hinson y Hartwing 1978.

La deficiencia de nitrógeno es uno de los mayores limitantes de los suelos de vega, debido a los bajos contenidos (< de 2%) de materia orgánica; sin embargo, con la práctica de inoculación de la semilla de soya con cepas efectivas de *Bradyrhizobium japonicum*, se puede suplir la deficiencia de una forma económica.

☛ Compactación del Suelo:

El deterioro de las propiedades físicas de los suelos de vega se debe al uso continuo e inadecuado de las prácticas de labranza, especialmente si se realizan cuando el contenido de humedad no es óptimo, lo cual afecta la estructura del suelo; como consecuencia, se presentan capas endurecidas entre los 10 y 20 cm de profundidad que limitan el desarrollo de las raíces a través del perfil, el movimiento del aire, agua y la absorción de nutrientes del suelo. El contenido de humedad adecuada, la incorporación de materiales orgánicos al suelo y el uso de arado de cincel, son las prácticas más aconsejables dentro de las labores de preparación del terreno que permiten conservar y recuperar las propiedades físicas del suelo.

☛ Acumulación de Agua:

La planta de soya no tolera exceso de humedad en el suelo; los encharcamientos frecuentes son perjudiciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas y retrasa o afecta el proceso de fijación simbiótica de la bacteria *Bradyrhizobium japonicum*. Por lo tanto, se recomienda

nivelar el lote y realizar drenajes para evitar que el agua se acumule en las partes más bajas del micro-relieve.

Por último, se recomienda con suficiente anticipación realizar el análisis de suelo, para detectar y rechazar los lotes con problemas de exceso de aluminio, baja fertilidad o textura pesada.

ANÁLISIS DE SUELO

El análisis de suelo se usa como una herramienta que en conjunto con la información del entorno, es muy útil en el diagnóstico de la fertilidad del suelo y en el cálculo de las recomendaciones que permitan el uso eficiente de los fertilizantes. Además, sirve para monitorear el estado de la fertilidad del suelo a través de los años para conocer si se conservan, mejoran o degradan las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo.

Tabla 2. Análisis de caracterización de los suelos de vega Clase I, Río Ariari (Granada) y Río Negro (Villavicencio).

| Municipio | Text. | pH | M.O. (%) | P ppm | Al | Ca | Mg | K | Na |
|-----------|-------|-----|-------------|----------|---------------------|------|------|------|------|
| | | | | | Meq/100 g. de suelo | | | | |
| Granada | FArA | 5.2 | 1.2 | 55 | 0.8 | 1.68 | 0.27 | 0.12 | 0.20 |
| V/cio | F | 5.1 | 1.2 | 18 | 0.3 | 2.00 | 0.51 | 0.12 | 0.13 |

INOCULACION:

El proceso de fijación simbiótica de nitrógeno es el más importante y eficiente de todos los que aportan nitrógeno al suelo y a las plantas, pues obtiene del aire el nitrógeno requerido para el normal desarrollo del cultivo de soya de una forma económica. Para esto se hace la inoculación de la semilla con cepas efectivas de *Bradyrhizobium japonicum* como la cepa ICA J-01, recomendada para los suelos de vega del Piedemonte Llanero. Además, la incorporación de los residuos de cosecha permite mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Es muy importante introducir una cepa de rizobio, efectiva cuando se siembra por primera vez soya; continuar realizando la práctica de inoculación por lo menos durante cuatro años para asegurar el establecimiento de una población adecuada de rizobios en el suelo. Sin embargo, la sobrevivencia de los rizobios puede disminuir rápidamente por la ausencia de la soya como planta hospedera y/o por factores adversos como la baja fertilidad, la poca aireación, la sequía, el encharcamiento, las temperaturas extremas, el pH fuertemente ácido, el alto contenido de nitrógeno mineral del suelo y por las toxinas producidas por otros microorganismos del suelo.

Al adquirir el inoculante, se debe elegir la cepa específica para soya, revisar en la etiqueta la fecha de vencimiento, conservar refrigerado a 6°C y seguir las siguientes instrucciones de inoculación:

- * Inocular en la sombra
- * Depositar la semilla en un recipiente limpio
- * Preparar una solución de azúcar al 10%
- * Agregar la solución de azúcar a la semilla, en proporción 1:2 (inoculo: solución de azúcar).
- * Adicionar 5 gramos de inoculante por cada kilo de semilla de soya
- * Agitar fuertemente par que el inoculo se adhiera uniformemente a la semilla
- * Dejar secar a la sombra
- * Sembrar el mismo día de la inoculación

Es conveniente resaltar que para obtener los beneficios de fijación simbiótica de nitrógeno es necesario que todos los factores que inciden en la producción del cultivo de soya sean favorables.

La importancia de la inoculación en comparación con la fertilización nitrogenada en un suelo de vega se puede observar en los resultados obtenidos (Tabla 3) donde el rendimiento de la soya inoculada se incrementa significativamente con respecto al testigo sin inocular y a la fertilización nitrogenada. Al inocular la soya con la cepa ICA J-01 se encontró el mayor rendimiento (1.740 kg/ha) y superó al testigo sin inocular en un 92.7%.

Tabla 3. Efecto de la inoculación de la semilla de soya con tres cepas de Rizobio en suelos del Piedemonte Llanero

| Tratamiento | Rendimiento (kg/ha)* | Rendimiento relativo (%) |
|---------------|----------------------|--------------------------|
| Testigo | 903 c | 100.0 |
| Cepa ICA J-12 | 915 c | 100.4 |
| Cepa ICA J-01 | 1740 a | 192.7 |
| Cepa ICA J-02 | 1065 c | 118.0 |
| 70 kg/ha de N | 1284 b | 142.2 |

* Promedios seguidos por la misma letra no tienen diferencia significativa (Tukey, 5%)

La siembra de soya inoculada durante varios años y bajo condiciones favorables ha permitido el establecimiento de poblaciones efectivas de rizobios en el suelo.

FERTILIZACION

Para asegurar altos rendimientos en el cultivo de soya en los suelos de vega del Piedemonte Llanero es necesario realizar la fertilización de acuerdo con el análisis de suelo, con el fin de suministrar los nutrientes que requiere el cultivo. Además, se deben usar las fuentes, dosis, métodos de aplicación y época de acuerdo con las recomendaciones técnicas.

La mayoría de los suelos de vega presentan niveles medios a altos de fósforo y potasio como se puede observar en el análisis de Caracterización (Tabla 2) y algunos presentan deficiencias de calcio, magnesio y algunos elementos menores que pueden limitar la producción al presentar un desbalance nutricional para las plantas; por lo tanto, es necesario corregirlas.

En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos al evaluar la respuesta de la soya a la fertilización con fósforo (0, 40 y 80 kg/ha) y potasio (0, 30 y

60 kg/ha) en suelos de vega de los ríos Ariari y Negro con niveles medio-alto de contenido de P y K. Los resultados indican que no se presentó diferencia significativa en el rendimiento por efecto de los tratamientos.

Tabla 4. Respuesta de Soyica P-34 a la fertilización con fósforo y potasio en suelos de vega.

| Dosis P ₂ O ₅ (kg/ha) | Rendimiento (kg/ha) | | Dosis K ₂ O (kg/ha) | Rendimiento (kg/ha) | |
|--|----------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------|
| | Villavicencio ¹ | Granada ² | | Villavicencio ¹ | Granada ² |
| 0 | 1795 a | 2137 a | 0 | 1729 a | 2187 a |
| 40 | 1733 a | 2296 a | 30 | 1715 a | 2138 a |
| 80 | 1825 a | 2086 a | 60 | 1902 a | 2203 a |

¹ Vegas del Río Negro

² Vegas del Río Ariari

La fertilidad de los suelos de vega es variable y por lo tanto las recomendaciones de fertilización no pueden ser de carácter general, sino a nivel de finca, de acuerdo al análisis de suelo y a los niveles críticos de los elementos en el suelo establecidos por el ICA.

En las Tablas 5 y 6 se presentan las recomendaciones de P₂O₅ y K₂O para el cultivo de la soya en los suelos de vega del Piedemonte Llanero

Tabla 5. Recomendaciones de P₂O₅ para el cultivo de soya en suelos de vega del piedemonte llanero.

| Contenido P (ppm) Bray II | Nivel crítico | Dosis recomendada (kg/ha) |
|------------------------------|---------------|------------------------------|
| < 10 | Muy bajo | 75 - 100 |
| 11 - 15 | Bajo | 50 - 75 |
| 16 - 30 | Medio | 25 - 50 |
| > 30 | Alto | 0 - 25 |

Fuente: ICA, 1992.

Tabla 6. Recomendaciones de K₂O para el cultivo de soya en suelos de vega del piedemonte llanero.

| Contenido K (meq/100 g de suelo) | Nivel crítico | Dosis recomendada (kg/ha) |
|-------------------------------------|---------------|------------------------------|
| < 0.10 | Muy bajo | 75 - 90 |
| 0.10- 0.15 | Bajo | 50 - 75 |
| 0.16 - 0.30 | Medio | 25 - 50 |
| > 0.30 | Alto | 0 - 25 |

Fuente: ICA,1992.

ANALISIS FOLIAR

El análisis foliar es una herramienta de diagnóstico que se refiere al análisis cuantitativo del contenido de macro o micronutrientes en la planta o en parte de ella y se asume que la concentración de nutrientes en la planta esta directamente relacionada con la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo.

Para fines de diagnóstico del estado nutricional del cultivo por lo general se analizan las hojas u otro organo que refleje la condición de nutrición de la planta.

DIAGNOSTICO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE LA SOYA

Las deficiencias de nutrientes son a menudo difíciles de identificar debido a que diferentes factores pueden causar síntomas similares. Comúnmente los análisis foliares se usan para comparar plantas normales con plantas que presentan síntomas de deficiencia (Tabla 8).

Tabla 7. Concentraciones de nutrimentos en hojas de soya.

| Elemento | Estado nutricional de la planta | | |
|----------|---------------------------------|------------|--------|
| | Deficiente | Normal | Tóxico |
| N (%) | | 2.7 - 3.5 | |
| P (%) | < 0.2 | 0.3 - 0.46 | |
| K (%) | < 2.0 | 2.5 - 2.73 | |
| Ca (%) | < 0.8 | 1.5 | |
| Mg (%) | | 0.6 | |
| S (%) | | 0.25 | |
| B (ppm) | < 20 | 30 - 60 | > 100 |
| Mn (ppm) | < 15 | 35 - 120 | > 250 |
| Fe (ppm) | < 50 | 100 | > 200 |
| Cu (ppm) | < 10 | 15 - 25 | > 30 |
| Zn (ppm) | < 20 | 30 - 45 | > 75 |
| Mo (ppm) | < 0.5 | 2 | > 10 |

Fuente: Jones, 1972; Nelson y Barber, 1964 modificados por Howeler, 1983 V

DIAGNOSTICO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE SOYA

Tabla 8. Descripción de los síntomas de deficiencia (D) y excesos (E) más frecuentes en el cultivo de soya.

| Síntoma | Elemento | | | | | | | | | |
|--|----------|---|----|----|---|---|----|----|----|----|
| | P | K | Ca | Mg | S | B | Mo | Zn | Al | Mn |
| Poca nodulación | D | D | D | D | D | D | D | | E | E |
| Hojas viejas amarillentas | D | | | | | | | | | |
| Clorosis y necrosis de las puntas y márgenes de las hojas más viejas, menor formación de granos, granos pequeños, mayor incidencia de enfermedades y nematodos | | D | | | | | | | | |
| Raíces mal desarrolladas, colapso del peciolo de las hojas | | | D | | | | | | | |
| Hojas nuevas con clorosis entre nervaduras | | | | D | | | | | | |
| Clorosis uniforme en hojas nuevas | | | | | D | | | | | |
| Muerte de las yemas terminales, hojas nuevas pequeñas y deformadas | | | | | | D | | | | |
| Hojas nuevas angostas con manchas grandes de color ferroso | | | | | | | | D | | |
| Hojas nuevas con puntas pardas | | | | | | | | | | E |

Fuente: INPOFOS, 1993.