



Boletín Técnico No. 72  
Estación Experimental Tropical "Pichilingue"  
Enero, 1993

*Freddy Amores*  
*Francisco Mite*



---

---

# INOCULACION Y FERTILIZACION DEL CULTIVO DE SOYA

---

---



INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
E C U A D O R

INIAP - Estación Experimental Pichilingue

## INOCULACION Y FERTILIZACION DEL CULTIVO DE SOYA

*Freddy Amores \**

*Francisco Mite \*\**

### REQUERIMIENTOS NUTRITIVOS

El cultivo de soya utiliza unos 200 kg de nitrógeno (N) para un rendimiento de 2,5 Ton/ha. Sin embargo, su condición de planta leguminosa le permite satisfacer la mayor parte de dicho requerimiento mediante la "fijación simbiótica" del N atmosférico. Las necesidades de fósforo (P) y potasio (K) para el mismo nivel de rendimiento están alrededor de 20 y 80 kg, respectivamente.

### FIJACION SIMBIOTICA DE N

Mediante la fijación simbiótica el N atmosférico se convierte en disponibles para la planta. La conversión se realiza por intermedio de la bacteria *Bradyrhizobium japonicum* conocida también con el nombre común de rizobium.

El fenómeno de la fijación se lleva a cabo en el interior de unas protuberancias redondeadas llamadas nódulos, los cuales se forman en las raíces del cultivo al ser infectadas por la bacteria. De los nódulos el N se transfiere al resto de la planta mientras el rizobium se beneficia utilizando parte de los carbohidratos que ésta produce. Dicha relación de beneficio mutuo justifica el calificativo de simbiótico que se dá al proceso de la fijación.

Cualquier factor que influya directa o indirectamente sobre la formación de los nódulos, afectará también el potencial para fijar N y consecuentemente la producción. En el Cuadro I se puede observar que al aumentar el nivel del P disponible en el suelo se mejoró la nodulación y aumentó la concentración del N-foliar. El aumento del N-foliar demuestra claramente que la actividad fijadora de N fue más intensa. Esto unido a la mayor disponibilidad de P contribuyó a incrementar el rendimiento.

---

\* *Ing. Agr., M. Sc. Jefe del Dpto. de Suelos y Fertilizantes de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP.*

\*\* *Ing. Agr., M. Sc. Director de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.*

Cuadro 1. Influencia del nivel de P disponible en el suelo sobre la nodulación, concentración de N foliar y rendimiento del cultivo de soya (Saltos, 1989).

P disponible ppm	Nódulo por planta	Peso seco de nódulos, mg	N foliar %	Rendimiento, Ton/ha
5	17	38	5,18	1,8
7	22	75	5,30	2,2
8	24	110	5,32	2,3

## INOCULACION DE LA SEMILLA

El rizobium es un organismo específico para la soya que no está presente en forma nativa en los suelos tropicales. De allí la necesidad de introducirlo artificialmente mezclando la semilla con un inoculante conteniendo la bacteria. De otro modo no habrá nodulación y las plantas tampoco se beneficiarán de la fijación del N.

El inoculante se forma a base de turba (suelo orgánico) que sirve como sustrato para multiplicar y establecer el rizobium a nivel de laboratorio. El producto resultante es un polvo de color negruzco que se distribuye comercialmente en fundas selladas de diversa capacidad. Los inoculantes utilizados en el país provienen de Estados Unidos y Argentina, pues no son producidos localmente.

Al sembrar la semilla inoculada se logra que el rizobium llegue al suelo infectando posteriormente las raíces de la soya y estimulando la formación de los nódulos. Sin embargo, en presencia de condiciones adversas como son la falta de humedad suficiente o temperaturas demasiado altas, el establecimiento de la bacteria se dificulta perjudicando al proceso nodulativo.

## REQUISITOS PARA UNA CORRECTA INOCULACION

Para mantener su efectividad los inoculantes deben permanecer almacenados en un lugar fresco o refrigerado, pues las temperaturas altas perjudican la sobrevivencia del rizobium. Antes de inocular fíjese en la fecha de vencimiento del producto. Los inoculantes "viejos" también pierden efectividad aún cuando hayan permanecido en buenas condiciones de almacenamiento.

Respecto a la cantidad necesaria de inoculante que se debe utilizar, si se trata de un terreno donde por primera vez se siembra soya se recomienda mezclar 1 libra del producto con la semilla requerida para sembrar una hectárea. Pero si anteriormente ya se ha sembrado con semilla inoculada se utiliza solo 0,5 libras del inoculante. Con escasa humedad en el suelo o en días muy calurosos, es preferible utilizar el doble de las dosis recomendadas a fin de reducir el riesgo de una nodulación defectuosa.

Como paso previo a la inoculación es conveniente humedecer ligeramente la semilla con agua azucarada de manera que el inoculante se adhiera mejor. Al mismo tiempo el azúcar constituye una fuente de energía fácilmente disponible para el rizobium lo cual favorece su sobrevivencia y posterior establecimiento en el suelo. Ocho onzas de azúcar disueltas en un litro de agua proporcionan suficiente solución para humedecer la semilla que se necesita para sembrar una hectárea.

Una vez humedecida la semilla ésta se mezcla con el inoculante. Debe sembrarse enseguida evitando que la semilla se seque demasiado lo que perjudica al rizobium. Además, si no se siembra a tiempo el inoculante comienza a desprenderse pudiendo interferir con el trabajo normal de la sembradora al irse acumulando en los mecanismos de distribución de la semilla.

Todo el proceso de la inoculación se debe llevar a cabo a la sombra porque la exposición directa del inoculante a la luz solar también afecta la sobrevivencia de la bacteria. En caso de que sobre semilla inoculada de un día para otro debe inocularse nuevamente.

## RESPUESTA A LA INOCULACION

En un estudio conducido en la zona de Quevedo (Cuadro 2) el rendimiento se incrementó en 1,3 toneladas por hectárea usando semilla inoculada en un terreno donde nunca antes se había sembrado soya. En cambio con semilla sin inocular las plantas mostraron acentuada clorosis y no desarrollaron nódulos al estar ausente el rizobium en el suelo (Foto 1 y 2).

Cuadro 2. Nodulación y rendimiento de la soya en un suelo sembrado por vez primera con semilla inoculada (INIAP, 1976).

Semilla	Nódulos por planta	Peso seco de nódulos, mg/pl	Rendimiento, Ton/ha
Sin inocular	0	0	1,7
Inoculada	18	477	3,0

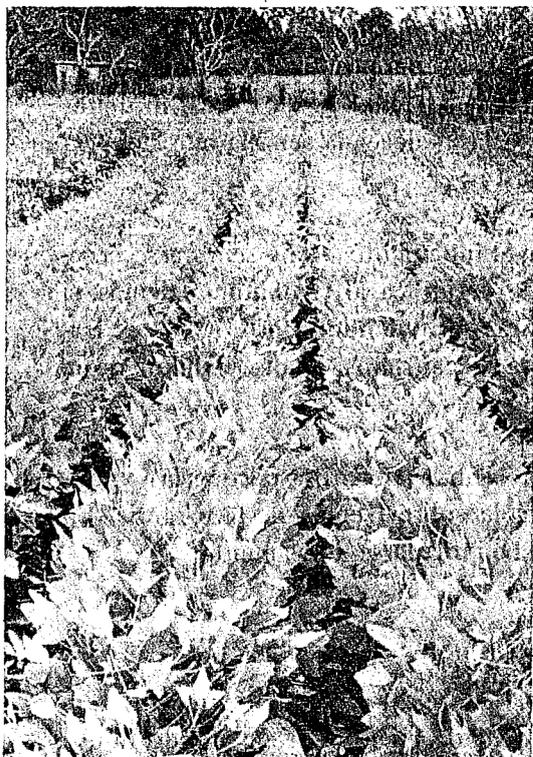


Foto 1. Parcela de soya con clorosis.

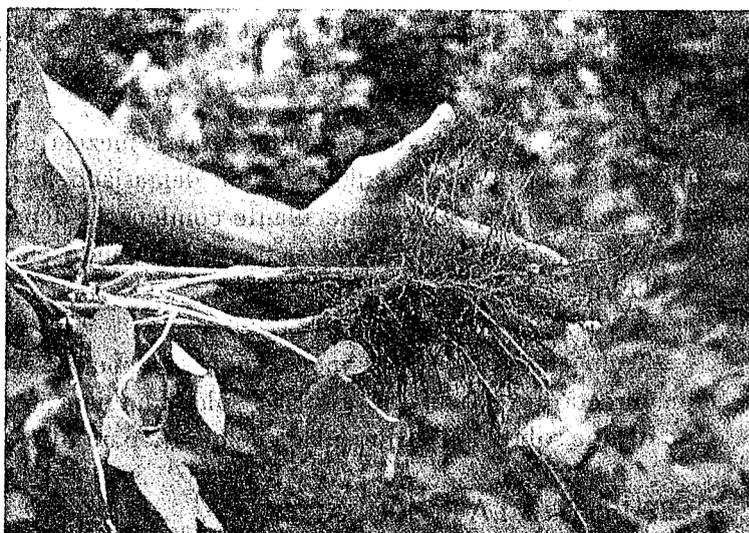


Foto 2. Raíces sin nodulación.

En el caso anterior es evidente que la nodulación fue exitosa en el primer ciclo del cultivo. Sin embargo, este resultado no eliminó el beneficio de la inoculación de la semilla en el siguiente ciclo como se observa en el Cuadro 3. Por tanto, mientras el rizobium no esté bien establecido, siempre habrá oportunidad de mejorar la nutrición del cultivo y aumentar el rendimiento inoculando la semilla.

Cuadro 3. Nodulación, concentración de N-foliar y rendimiento de la soya, en un suelo sembrado anteriormente con semilla inoculada (INIAP, 1976).

Semilla 1/	Peso seco de nódulos, mg/pl	Concentración de N foliar, ‰	Rendimiento, Ton/ha
Sin inocular	103	3,55	1,8
Inoculada	307	4,30	2,6

1/ Ambas parcelas fueron sembradas con semilla inoculada en el ciclo anterior.

Una vez bien establecido el rizobium luego de sembrar repetidamente con semilla inoculada, las inoculaciones posteriores difícilmente causarán diferencias en la nodulación o el rendimiento. Según el Cuadro 4 el resultado es el mismo aún usando dosis altas del inoculante, lo cual sugiere que la población de la bacteria en el suelo es suficiente para producir abundante nodulación (Foto 3). Si se deja de sembrar por varios años se recomienda inocular la semilla cuando se siembre otra vez.

Cuadro 4. Semilla tratada con varias dosis de inoculante y su influencia sobre la nodulación y rendimiento de la soya luego de repetidas siembras con semilla inoculada (INIAP, 1977).

Tratamientos	Nódulos por planta	Peso seco de nódulos, mg/pl	Rendimiento, Ton/ha
Semilla sin inocular	17	295	2,9
300 g inoculante/ha	16	250	2,8
600 g inoculante/ha	19	347	2,8
900 g inoculante/ha	16	267	2,9

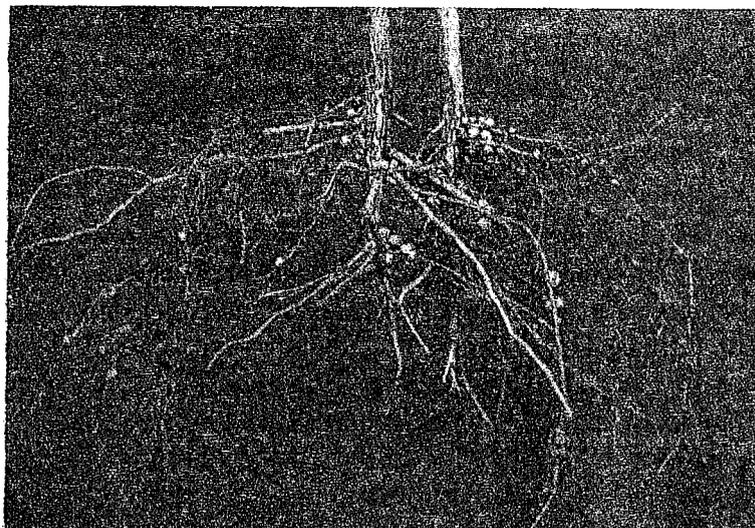


Foto 3. Raíces con nodulación.

Definitivamente los mejores resultados de la inoculación se obtendrán en suelos con suficiente humedad al momento de sembrar. Por tal razón cuando se siembra soya después de los cultivos de "invierno" (arroz o maíz), es aconsejable hacerlo lo más temprano posible aprovechando que la capa superficial del suelo aún está húmeda. Las siembras tardías perjudican no sólo la nodulación sino también el desarrollo normal y rendimiento del cultivo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Influencia de las fechas de siembra sobre el contenido de humedad del suelo, nodulación y rendimiento de la soya (INIAP, 1989).

Fecha de siembra	Humedad del suelo, %	Nódulos por planta	Peso seco nódulos, mg/pl	Rendimiento Ton/ha
Mayo 15	45,1	45	186	2,1
Junio 15	41,5	50	155	1,7
Julio 15	35,5	31	108	1,4

Se recomienda la evaluación temprana del proceso nodulativo en cada ciclo del cultivo a fin de prevenir una posible deficiencia de N por falta de nodulación efectiva. Esta situación puede darse si las condiciones no son favorables.

## EVALUACION DEL PROCESO NODULATIVO

La evaluación temprana de la nodulación proporciona valiosa información sobre el futuro potencial de fijación del sistema simbiótico, planta-bacteria. Si dicho potencial no es suficiente para satisfacer la demanda nitrogenada del cultivo habrá entonces necesidad de aplicar un fertilizante nitrogenado.

La evaluación se lleva a cabo una vez que han transcurrido 20 días de la siembra. Se procede a realizar un muestreo al azar de 25 a 30 plantas por hectárea y luego se limpian sus raíces para facilitar la observación y conteo de los nódulos.

Un número promedio de 5 ó más nódulos por planta es indicativo de que la marcha del proceso nodulativo es normal, esperándose una actividad fijadora significativa en beneficio del cultivo. Los nódulos aunque todavía pequeños ya presentan en su interior la característica coloración rosada mostrando que son activos fijadores de N.

Por el contrario, la escasez o ausencia de nódulos refleja un proceso nodulativo deficiente que influirá negativamente sobre la capacidad del sistema para fijar N. A veces aunque hay presencia de nódulos éstos no son fijadores (presentan una coloración blanquecina o verdosa en su interior). En ambos casos el rendimiento se verá disminuido a menos que se fertilice para suplir la falta de N.

## FERTILIZACION CON N

La presencia de altas cantidades de N disponible en el suelo restringe la nodulación y fijación simbiótica del N. Sin embargo, es difícil que bajo condiciones naturales exista un nivel alto de N disponible, pues los suelos tropicales por lo general son deficientes en dicho elemento. No obstante, tal situación puede ocurrir artificialmente si se aplican innecesariamente altas dosis de N como se comprobó en el estudio cuyos resultados se reportan en el Cuadro 6. En este caso la fertilización nitrogenada a más de inútil fue antieconómica.

Cuadro 6. Efecto de la fertilización con varias dosis de N sobre la nodulación y rendimiento de la soya (INIAP, 1977).

Kg de N/ha	Nódulos por planta	Peso seco de nódulos, mg/pl	Rendimiento, Ton/ha
0	18	477	3,0
20	8	225	2,9
40	8	215	2,7
60	10	125	2,6
80	4	75	2,8

Si después de evaluar la nodulación se encuentra que esta es insuficiente o nula, entonces si se justifica la aplicación de N para cubrir las necesidades del cultivo. En el Cuadro 7 se observa claramente como la fertilización nitrogenada en ausencia de nodulación permitió un incremento máximo de 1,1 ton/ha en rendimiento.

Cuando hay necesidad de la fertilización nitrogenada se recomienda la aplicación al voleo de cuatro sacos de urea por hectárea al inicio de la floración, es decir alrededor de los 35 días después de la siembra. Es importante lograr que el fertilizante se distribuya bien para aumentar su eficiencia en términos de un mayor rendimiento.

Cuadro 7. Efecto de la fertilización con varias dosis de N sobre el rendimiento de soya, en ausencia de nodulación (INIAP, 1977).

Kg de N/ha	Rendimiento, Ton/ha
0	1,5
20	1,7
40	1,8
60	2,4
80	2,6

#### FERTILIZACION CON P

La deficiencia de P es bastante frecuente en algunas áreas soyeras de la Cuenca del Guayas provocando lento crecimiento del cultivo e insuficiente llenado de las vainas. Tal deficiencia ha sido confirmada mediante el análisis químico que permite conocer con bastante precisión cual es el nivel de P disponible en el suelo. Si dicho nivel es bajo se recomienda la aplicación de 80 kg de P y si es medio solo de 40 kg de P por hectárea. El mayor beneficio de la fertilización fosfórica se obtiene en suelos con suficiente humedad.

La forma más efectiva de aplicar el P es al voleo antes de la siembra procediendo luego a su incorporación en la capa arable con un pase de rastra. De esta forma hay mayor aprovechamiento al quedar disponible en la zona de futuro desarrollo radicular. La aplicación superficial sin incorporación no brinda resultados satisfactorios puesto que la movilidad del P en el suelo es mínima, peor aún si el suelo no está húmedo.

#### FERTILIZACION POTASICA

Aún no se ha obtenido respuesta de la soya a la fertilización potásica debido a que la mayoría de los suelos dedicados a este cultivo se encuentran bien abastecidos con K. Sin embargo, no debe olvidarse que los suelos explotados con las rotaciones maíz-soya y arroz-soya se encuentran sometidos a una gran demanda de K, por lo que sus reservas pueden experimentar disminuciones significativas a mediano plazo. De allí que se recomienda llevar a cabo un análisis de suelos cada dos o tres años para verificar el nivel de K y decidir si se justifica su aplicación, al menos en dosis de mantenimiento.

## APROVECHAMIENTO DEL EFECTO RESIDUAL DE LA FERTILIZACION

La soya sembrada en rotación se beneficia del efecto residual de los fertilizantes fosfóricos aplicados en los cultivos de "invierno", principalmente en suelos bajos en P. En el Cuadro 8 se ilustra tal aprovechamiento cuando la soya se sembró después del maíz.

El Cuadro 9 muestra resultados similares obtenidos cuando se sembró soya después del arroz (Fotos 4 y 5). De éste modo se confirma el beneficio que proporciona el P residual, beneficio que es más evidente cuanto más bajo sea el contenido nativo del P en el suelo. Una ventaja adicional es el hecho de que el costo del fertilizante se distribuye en dos cultivos consecutivos que responden a la fertilización fosfórica.

Cuadro 8. Efecto residual del P aplicado en el maíz sobre la nutrición y rendimiento de la soya sembrado en rotación (Amores y Mite, 1988).

P aplicado en maíz, kg/ha	P residual al inicio del ciclo de soya, pmm	Concentración de P en las hojas,	Rendimiento, Ton/ha
0	6	0,17	2,1
40	11	0,19	2,5
80	11	0,23	2,7
120	14	0,25	3,0

Cuadro 9. Efecto residual del P aplicado en el arroz sobre la nutrición y rendimiento de la soya (Saltos, 1989).

P aplicado en maíz, kg/ha	P residual al inicio del ciclo de soya, pmm	Concentración de P en las hojas,	Rendimiento, Ton/ha
0	5	0,17	1,8
60	7	0,22	2,2
120	8	0,24	2,3

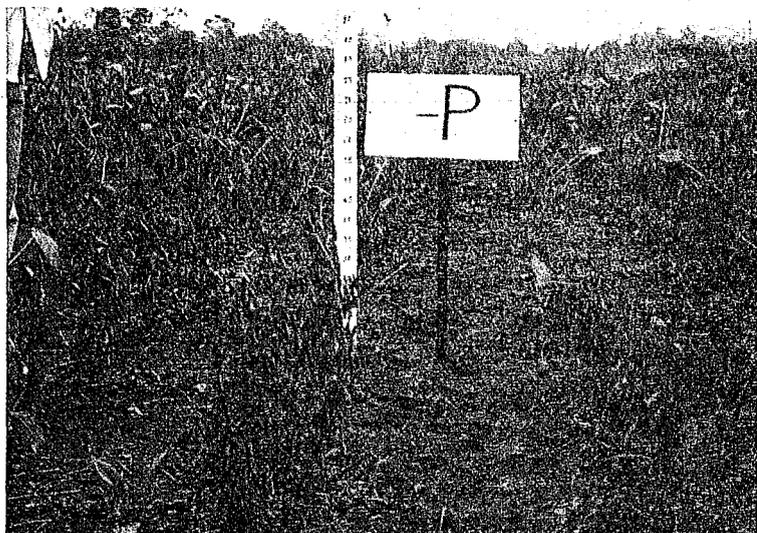


Foto 4. Deficiencia de P en soya.

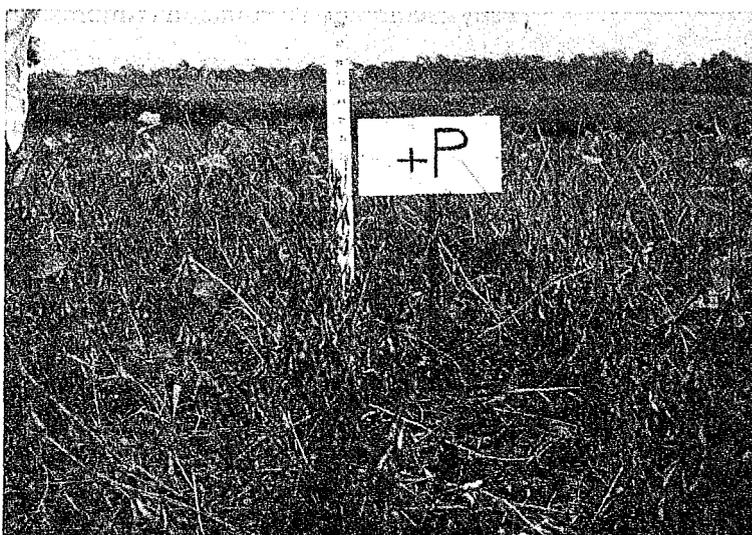


Foto 5. Respuesta de la soya al P.

## FERTILIZACION FOLIAR

La fertilización foliar proporciona buenos resultados como suplemento nutricional cuando la soya se maneja en forma intensiva, sin serias limitaciones en los factores de producción. Investigaciones locales han demostrado que la fertilización foliar aplicada en la fase de llenado ha incrementado el tamaño del grano (Foto 6) y permitido incrementos de rendimiento hasta 0,5 toneladas/ha.

En el comercio local se promocionan en forma permanente varios fertilizantes foliares, algunos de los cuales además de N, P y K contienen otros nutrientes esenciales para las plantas. Un trabajo conducido durante 1983 con productos que en ese entonces estaban disponibles en el mercado, produjo los resultados que aparecen en el Cuadro 10.

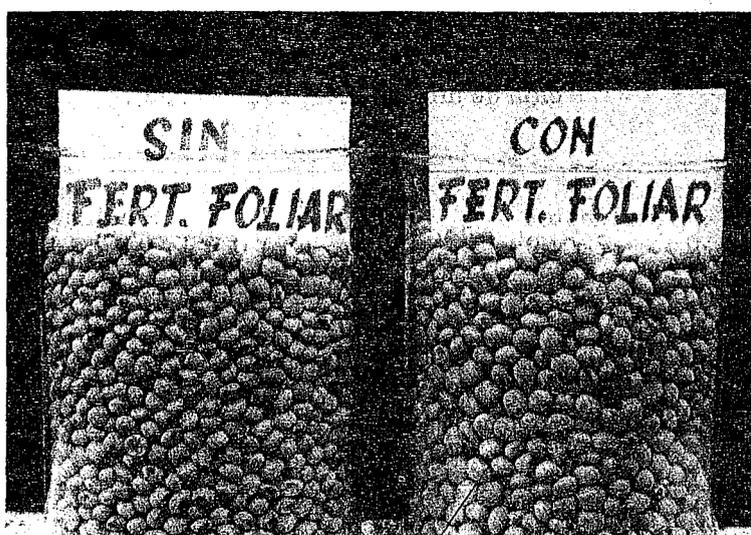


Foto 6. Fertilización foliar y el tamaño de grano.

Cuadro 10. Comparación de varios fertilizantes foliares y su influencia sobre el rendimiento de la soya (INIAP, 1983).

Fertilizante foliar	Rendimiento, Ton/ha
Sin fertilización	2,5
CBB	2,7
16-32-16	2,8
Kelate	2,8
Kaplex	2,8
Kristalon	2,8
Greenzit	2,8
Lonzin	2,8
Bayfolan	3,0

En otro estudio se encontró que la aplicación de una solución de urea al 2,5% aumentó el rendimiento en 0,4 toneladas por hectárea (Cuadro 11). La solución se preparó disolviendo 2,5 kg de urea en 100 litros de agua. El empleo de concentraciones más altas causó fitotoxicidad que se manifestó como "quemazón" del borde de las hojas.

Cuadro 11. Influencia de la fertilización foliar sobre el rendimiento de la soya utilizando una solución de urea (INIAP, 1984-1985).

Tratamientos	Rendimiento, Ton/ha
Sin fertilización foliar	2,4
Con fertilización foliar	2,8

El momento propicio para la aplicación del fertilizante foliar es durante el período de llenado de vainas, es decir de los 60 días en adelante. Se recomienda hacer por lo menos tres aplicaciones con intervalos de una semana utilizando para el efecto una neblinadora a motor debidamente calibrada. Mediante la calibración se determina la cantidad de solución necesaria para cubrir una hectárea del cultivo.

En ocasiones la aplicación del fertilizante foliar puede llegar a coincidir con la necesidad de aplicar algún pesticida. Si éste fuera el caso ambos productos pueden aplicarse en forma conjunta siempre y cuando sean compatibles, es decir que al mezclarse no formen grumos o precipitaciones que los hagan inefectivos.

## BIBLIOGRAFIA

- AMORES, F; MITE, F. and DIBB, D.* 1976. In Ecuador-Research demonstrates PK needs in corn-soybean rotation system. Better Crops International Atlanta, USA. Vol.
- AMORES, F. y MITE, F.* 1986. Guía nutricional del cultivo de soya para la zona central del Litoral. *In* Seminario de soya. Pichilingue, Octubre 28-29/ 1986. s.n.t. 6 p. (mimeografiado).
- AMORES, F and MITE, F.* 1988. Soybean response to residual P. Better Crops International. Atlanta, USA. 2:2 p. 3-5.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS.* 1987-1990. Informes Técnicos Anuales (1976-1989). Quevedo, Ecuador. Estación Experimental Tropical Pichilingue. Departamento de Suelos y Fertilizantes. p. irr (mimeografiado).
- HINSON, K and HARWIN, E.* 1977. Soybean Production in the tropics. FAO. Rome. p.
- MITE, F.* 1981. La fertilización foliar como un recurso para aumentar los rendimientos de la soya. *In* Memorias del Seminario Internacional de soya.
- ORLANDO, A y CALERO, E.* 1972. La inoculación de la soya, una práctica para obtener altos rendimientos a bajo costo. Quito, Ecuador. Boletín Divulgativo No. 51. 6 p.
- SALTOS, J.* 1989. Influencia de la fertilización con N, P, K, Zn y Mn en el sistema arroz-soya. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Babahoyo, Ecuador. Universidad Técnica de Babahoyo. 130 p.
- KAMPRATH, E. J.* 1974. Nutrition in relation ship to the soybean fertilization. *In* Soybean production, Marketing and use. s.l. Tennessee Valley Authority. p. 28-32.
- VARELA, R.* 1980. Nodulación y fijación de N en el cultivo de soya. *In* Curso de producción de soya. Bogotá, Colombia, ICA. p. 35-36.
- WHIGHAM, D.F.* 1975. Soybean production and utilization. Urbana, Illinois, USA, INTSOY. Series No. 6. p. 18-108.

“ EL PROTECA ES UN ESFUERZO DEL GOBIERNO NACIONAL PARA ELEVAR LOS NIVELES DE PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD DEL SECTOR RURAL, MEDIANTE LA INTEGRACION DE LAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACION, EXTENSION AGROPECUARIA, PRODUCCION DE SEMILLAS Y LA CAPACITACION DE TECNICOS Y AGRICULTORES”.

EL INIAP ES LA ENTIDAD OFICIAL DE INVESTIGACION CIENTIFICA AGROPECUARIA, CUYA MISION ES GENERAR Y ADAPTAR TECNOLOGIAS APROPIADAS ENCAMINADAS AL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD, PROPICIANDO LA PRODUCCION CON SENTIDO ECONOMICO Y LA SOSTENIBILIDAD DE LOS RECURSOS NATURALES.

*PRODUCCION:*  
*SECC. DE COMUNICACION DEL INIAP*  
*Casilla 17-01-340 – Quito - Ecuador*  
*Boletín Técnico No. 72*  
*Enero, 1993*  
*AdeR.*