

Summary

*The objective of this project was to study the effect of supplementary application of leaf fertilizer to bean plants (*Phaseolus vulgaris* var. *Porrillo Sintético*), which had been provided with adequate soil fertilizer. Different quantities of leaf fertilizer were applied. The total quantity depended on the number of applications, these varied from one to five. In each of the applications of leaf fertilizer, N, P, K and S were used in the proportions 16.0 2.5 6.6 1.0 kg/ha.*

Test 1. Component of yield. Ten different treatments were applied in a design of random plots. Each treatment had four replicates, with each replicate sown in 15 m². A sample was taken at the time of harvest. Two subsamples were taken of each replicate, one of 5 m² and the other of 1 m². In each subsample, dry weight of seeds was measured. In addition, in the 1 m² subsample, these items were measured: number of seeds, number of pods, average number of seeds per pod, seed size, pod weight, stem height, number of stems, dry weight of stems, and number of nodes. No significant differences were found among different treatments, although in some treatments there were minor effects caused by leaf fertilization.

Test 2. Analysis of growth. Two treatments were carried out. One was a control that received only soil fertilizer, the other, in addition to soil fertilizer, received a leaf fertilizer supplement of N, P, K, and S in the proportions 80:12.33:5 kg/ha on five successive dates. Each treatment was repeated four times; each replica was sown in 49 m² in a design of random plots. In this test, 1 m² was sampled per replicate per week. The first sample was taken seven days before flowering, and the last sample was taken at physiological maturity. In each of the samples these items were analyzed: number of reproductive organs (flowers, small pods, developed pods), leaf area, number of nodes, and dry weight of pods, seeds, stems, petioles, yellow leaves, green leaves, and roots. During the periods of growth and harvest, application of leaf fertilizer did not significantly affect any of the variables studied in any of the samples.

Introducción

Los trabajos realizados por varios investigadores muestran que la aplicación foliar de fertilizantes, en algunos cultivos, es una práctica viable y que los resultados dependen de algunos factores tales como hora de aplicación, aplicación o no de fertilizante en el suelo, etc.

La fertilización foliar en soya (*Glycine max*) ha mostrado resultados positivos, negativos y en algunos casos ningún efecto; incrementos en los rendimientos en el número de semillas por planta han sido demostrados por García y Hanway (5) quienes obtuvieron un incremento del 31% en los rendimientos cuando se hace aplicación de nitrógeno, fósforo, azufre y potasio por vía foliar, durante la época de llenado de las vainas. Sin embargo, otros investigadores no obtuvieron ningún incremento o incrementos no sustanciales, cuando se hace aplicación foliar de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre en el estado de llenado de las vainas en plantas de soya (2, 9, 10, 11).

¹ Recibido para publicación el 20 diciembre, 1985

* Departamento de Biología, Universidad del Valle. Cali-Colombia-Sur América

García y Hanway (5) sugieren que el aumento en el rendimiento de las plantas de soya a las cuales se le ha aplicado N, P, K y S por aspersión foliar se debe a un aumento en el número de semillas

Vasilas *et al.* (17) registraron incrementos en el rendimiento de la soya con fertilización foliar cuando otros factores limitantes, particularmente la humedad del suelo, han sido reducidos y se ha prevenido la quema de las hojas. Syverud *et al.* (15) señalan incrementos en el peso de las semillas y en la concentración de nitrógeno en éstas cuando a las plantas de soya se les ha aplicado nitrógeno por vía foliar

El daño causado a las hojas por la aplicación de fertilizantes foliares ha sido señalado como el causante en el descenso de los rendimientos; un segundo factor que puede influir sobre la respuesta negativa a la aplicación de fertilizantes foliares, es la hora del día en la cual se hace la aplicación. Se han encontrado daños en las hojas de plantas de soya por aplicación de fertilizantes que contenían N, P, K y S; estos daños fueron tan severos que muchas veces redujeron los rendimientos (9)

Bulisani *et al.* (3), encontraron que aplicaciones foliares de N, P y K y algunos microelementos en frijol tenían efecto positivo aumentando el peso del grano por planta en un 23% siempre y cuando estos elementos fueran aplicados en ausencia de fertilización al suelo. En esta misma línea, Sandsted *et al.* (13), encontraron que aplicaciones foliares de N, P, K y S en frijol no aumentan significativamente el rendimiento biológico ni el rendimiento de semillas; estos mismos autores informan que, a medida que aumenta la tasa de solución foliar aplicada, el número de hojas quemadas aumenta

Newman y Giskin (8) señalan incrementos en los rendimientos de frijol con aplicación foliar de N, P, K y S, pero la cosecha se hizo en el estado de vainas verdes.

Lauer (6) al aplicar N, P, K y S a plantas de frijol encontró diferentes daños en las hojas; el grado del daño fue diferente con el año de siembra. Este autor señala que no encontró diferencias en los contenidos de N, P, K en las semillas cuando se hizo aplicación foliar de estos elementos.

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la aplicación de N, P, K y S por vía foliar sobre la producción de materia seca en plantas de frijol sembradas en un suelo bien abonado. Los fertilizantes foliares fueron aplicados en diferentes cantidades y épocas de desarrollo del cultivo

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en la granja experimental del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), municipio de Palmira, Colombia. Se utilizaron plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de la variedad Porrillo Sintético, con hábito de crecimiento II, arbórea, crecimiento indeterminado y de guía corta. Antes de la siembra el suelo se fertilizó con 200 kg/ha de una fórmula 15-15-15; 5 kg/ha de Rayplex (9.6% de Fe); 5 kg/ha de bórax (10% de Bo) y 25 kg/ha de sulfato de zinc. También se aplicó Brassicol (pentaclorometrobenceno) a razón de 9 kg/ha. Durante el periodo de desarrollo del cultivo se hizo control fitosanitario para prevenir el ataque de plagas y enfermedades.

La densidad de siembra fue de 25 plantas por m², obtenida por raleo, hecho 10 días después de la brotación.

Para la fertilización foliar se adicionó por las hojas N, P, K y S en diferente cantidad; el total dependió del número de aplicaciones. Cada una de las aplicaciones foliares contenía 16.0; 2.5; 6.6; 1.0 kg/ha de N, P, K y S, respectivamente.

Las fuentes del fertilizante foliar fueron: para P y K, Kalipol 21 (21.5% de P₂O₅ y 26% de K₂O) y sulfato de potasio (45% de K); para S, sulfato de potasio (18.4% de S) y Elosal (80% de S); para N, urea (45% de N). Antes de aplicarlo, el pH de Kalipol fue ajustado a 7.0 con ácido fosfórico. Estos compuestos fueron disueltos en agua desionizada en la proporción de 400 ml/m²; la solución fue aplicada con aspersores sobre las hojas, iniciándose siempre a las 5 pm. El experimento se dividió en dos ensayos:

Ensayo 1. Componente del rendimiento

Este ensayo tenía 10 tratamientos (éstos representaban épocas de aplicación y cantidades de fertilizante aplicado por vía foliar). En el tratamiento To (testigo) sólo se aplicó fertilizante al suelo en las cantidades anotadas; los tratamientos restantes consistieron en la aplicación de fertilizantes al suelo y además diferentes cantidades por vía foliar y en diferentes épocas, tal como se presenta en el Cuadro 1; la primera aplicación del fertilizante foliar se hizo siete días antes de la floración y así en combinaciones diferentes hasta 21 días después de la floración. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones y cada una de éstas se sembró en un lote de 15 m²; el diseño experimental fue el de bloques al azar.

Se hizo un muestreo durante la madurez fisiológica de las vainas; se tomaron dos submuestras, una sobre un área de 5 m² (125 plantas) llamada parcela grande

Cuadro 1. Tratamiento, cantidad de fertilizante foliar aplicado, número de aplicaciones y etapas en la cual se hizo la aplicación, en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Ensayo 1.

Tratamiento	kg total de N, P, K, S/ha, por vía foliar	Etapas de crecimiento*
T ₀	0 0:0 0:0 0:0 0	Ninguna
T ₁	80 0:12 0:33 0:5 0	1, 2, 3, 4, 5
T ₂	16 0:2 5:6 6:1 0	1
T ₃	16 0:2 5:6 6:1 0	2
T ₄	16 0:2 5:6 6:0	3
T ₅	16 0:2 5:6 6:1 0	4
T ₆	16 0:2 5:6 6:1 0	5
T ₇	32 0:5 0:13 2:2 0	1, 2
T ₈	48 0:7 5:19 8:3 0	1, 2, 3
T ₉	64 0:10 0:26 4:4 0	1, 2, 3, 4

*Etapas de crecimiento: 1 = 7 días antes de la floración; 2 = día de la floración; 3 = 7 días después de la floración; 4 = 14 días después de la floración; 5 = 21 días después de la floración.

(pg) en la que se analizó peso seco de las semillas/m² y otra sobre un área de 1 m² (25 plantas), la parcela pequeña (pp); en ésta se analizó la altura del tallo (del cuello al ápice), número de tallos, número de vainas y semillas, número de nudos, peso seco de las semillas, vainas y tallos.

Ensayo 2. Análisis de crecimiento

Este ensayo tenía dos tratamientos: T₀ (testigo), al cual sólo se le aplicó fertilizantes al suelo, y T₁ al cual, además del fertilizante al suelo, se adicionó 80 kg/ha de N, 12 kg de P, 33 kg de K y 5 S. Las aplicaciones del fertilizante foliar se repartieron en cinco fechas diferentes y sucesivas; la primera aplicación se hizo siete días antes de la floración y la quinta 21 días después de floración (Cuadro 2). Cada uno de los tratamientos se repitió cuatro veces y cada una de las repeticiones abarcó un área de 49 m². El diseño experimental usado fue bloques al azar.

En este ensayo se hizo un muestreo semanal; el primero, siete días antes de la floración y el último durante la madurez fisiológica de las vainas (79 días después de la emergencia). Cada una de las muestras se tomó sobre 1 m² de terreno por repetición; en esta muestra se midieron las siguientes variables: número de órganos reproductivos (flores, vainas pequeñas, vainas desarrolladas), área foliar (se calculó con un medidor de área foliar Li-3100 area meter), peso

Cuadro 2. Tratamiento, cantidad de fertilizante foliar aplicado, número de aplicaciones y etapas en la cual se hizo la aplicación, en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Ensayo 2.

Tratamiento	kg total de N, P, K, S/ha, por vía foliar	Etapas de crecimiento*
T ₀	0:0:0:0	ninguna
T ₁	80:12:33:5	1, 2, 3, 4, 5

*Etapas de crecimiento: 1 = 7 días antes de floración; 2 = día de floración; 3 = 7 días después de floración; 4 = 14 días después de la floración; 5 = 21 días después de la floración

seco de los órganos reproductivos (vainas y semillas), de las hojas verdes, hojas amarillas, tallos, pecíolos y raíces; también se cuantificó el número de nudos.

Resultados

En el Cuadro 3, se muestran los resultados sobre la producción de materia seca y de los componentes del rendimiento (peso de semillas). Como se puede observar, no hubo diferencias significativas entre los pesos secos de las semillas, comparando el promedio del tratamiento testigo (T₀) con los promedios de los demás tratamientos; el análisis de varianza tampoco mostró diferencias significativas.

En cuanto se refiere al rendimiento económico, cuando éste aumenta se debe básicamente al aumento en el número de semillas por área o por planta; en este caso, el máximo de rendimiento lo logró el tratamiento T₃ que corresponde al tratamiento con mayor número de semillas por m². García y Hanway (5), Poole, Randall y Ham (10), Sesay y Shibles (14), soya señalan para que los aumentos en el rendimiento económico se deben básicamente al aumento en el número de semillas.

En el componente vainas por m², los tratamientos no mostraron diferencias significativas con el testigo; sin embargo, los que mayor número de vainas produjeron fueron T₈, T₃, T₄, y T₇ con 280.3, 267.8, 256.8 y 252.5 vainas/m², respectivamente. El tratamiento T₂ produjo el menor número de vainas (menos que el testigo); este tratamiento produjo bajo número de semillas por m². Sin embargo, fue uno de los que presentó mayor tamaño de las semillas (206.5 mg) lo que aparentemente influyó para que el rendimiento económico fuese un poco mayor (1.6%) con respecto al testigo; dentro de los restantes tratamientos, T₁ y T₆ produjeron bajo número de vainas

por m². Estos tratamientos corresponden a la aplicación del fertilizante foliar hecha siete días antes de la floración.

Sandsted *et al.* (13), informan que para frijol la aplicación de fertilizantes foliares causa daños en las flores y vainas pequeñas; en el tratamiento T₁ la aplicación del fertilizante se inició ocho días antes de la floración y consecutivamente se fue aplicando semanalmente hasta 21 días después de floración.

En el Cuadro 4 se presentan los datos correspondientes a las variables morfológicas de las plantas que se relacionaron con el rendimiento; la prueba de Duncan sólo mostró diferencias entre el testigo y el tratamiento T₃ para la altura del tallo. En el peso seco de los tallos, número de nudos y número de tallos no se encontraron diferencias significativas.

Cuando se calculó el rendimiento económico en el tallo principal y en las ramas (Cuadro 5), el

Cuadro 3. Rendimiento (peso seco de las semillas) en la parcela grande (pg), en la parcela pequeña (pp) y componentes del rendimiento en plantas de frijol. Ensayo 1.

Tratamiento	Rendimiento g/m ²				S/m ²	V/m ²	S/V*	TS**	PSV/m ²
	pg	pp	\bar{X}	(%)					
T ₀	264.3 a	275.6 a	270.0 a	(100.0)	1 379.6 a	241.5 a	5.4 ab	20.00 a	78.5 a
T ₁	280.5 a	273.3 a	276.9 a	(102.6)	1 341.3 a	243.3 a	4.6 a	20.37 a	74.8 a
T ₂	286.3 a	262.2 a	274.3 a	(101.6)	1 269.8 a	222.8 a	4.9 ab	20.65 a	72.8 a
T ₃	267.3 a	317.7 a	292.5 a	(108.3)	1 533.7 a	267.8 a	5.7 b	20.70 a	88.8 a
T ₄	280.2 a	294.1 a	287.2 a	(106.4)	1 436.5 a	256.8 a	5.6 ab	20.50 a	82.4 a
T ₅	280.9 a	283.3 a	282.1 a	(104.5)	1 328.0 a	249.0 a	5.4 ab	21.30 a	76.8 a
T ₆	264.4 a	266.1 a	265.3 a	(98.0)	1 285.0 a	244.3 a	5.3 ab	20.60 a	73.8 a
T ₇	281.4 a	287.6 a	284.5 a	(105.4)	1 401.5 a	252.5 a	5.5 b	20.60 a	77.0 a
T ₈	289.6 a	281.4 a	285.5 a	(105.7)	1 438.0 a	280.3 a	5.1 ab	19.60 a	74.0 a
T ₉	272.3 a	275.5 a	273.9 a	(101.4)	1 350.8 a	250.3 a	5.4 ab	20.40 a	79.6 a
C.V. (%)	7.8	11.0	8.0		13.0	12.0	9.0	7.2	15.0

Los valores en las columnas con letras iguales no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).
S/m² = Semillas/m²; V/m² = Vainas/m²; S/V = Semillas por vaina; TS = Tamaño de las semillas; PSV/m² = Peso seco de las vainas (pericarpio) por m².

$$(*) \quad S/V = \frac{S/m^2(pp)}{V/m^2(pp)}$$

$$(**) \quad TS = \frac{R(pp)}{S/m^2(pp)}$$

Cuadro 4. Variables morfológicas relacionadas con el rendimiento (peso de semillas) en plantas de frijol, del ensayo 1.

Tratamiento	Altura del tallo en cm	Peso seco de tallos g/m ²	Número de nudos m ²	Número de tallos m ²
T ₀	108.5 b	122.7 a	448.0 a	69.8 a
T ₁	105.8 ab	121.2 a	383.3 a	63.0 a
T ₂	92.5 ab	121.6 a	427.8 a	71.0 a
T ₃	82.5 a	120.2 a	420.8 a	60.8 a
T ₄	107.3 ab	121.2 a	422.5 a	64.8 a
T ₅	97.0 a	121.6 a	435.3 a	64.5 a
T ₆	96.8 ab	109.2 a	404.3 a	65.3 a
T ₇	98.6 ab	113.3 a	434.8 a	67.3 a
T ₈	93.0 ab	113.4 a	436.8 a	69.0 a
T ₉	98.3 ab	114.0 a	421.5 a	68.0 a
C.V. (%)	11.0	9.0	10.0	14.0

Los valores en las columnas con letras iguales no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

Cuadro 5. Peso seco y número de estructuras reproductivas en la parcela pequeña, producidas por el tallo principal (TP) y en las ramas (R), en plantas de frijol del ensayo 1.

Tratamiento	Semillas/m ²		Peso semillas g/m ²		Vainas/m ²		Peso vainas g/m ²	
	TP	R	TP	R	TP	R	TP	R
T ₀	1 120.5 a	260.5 a	255.1 a	50.6 a	185.3 a	56.3 a	62.8 a	15.8 ab
T ₁	1 051.8 a	289.5 ab	209.2 a	64.2 ab	177.3 a	66.5 a	55.4 a	19.2 ab
T ₂	967.8 a	302.0 ab	192.4 a	69.8 abc	163.5 a	59.3 a	54.0 a	18.7 ab
T ₃	1 117.8 a	356.0 b	239.1 a	78.6 b	199.8 a	69.0 a	67.7 a	20.9 ab
T ₄	1 127.5 a	309.0 ab	231.0 a	63.0 ab	190.0 a	66.8 a	61.5 a	21.0 ab
T ₅	1 066.0 a	262.5 a	228.8 a	54.0 ab	194.8 a	54.8 a	61.8 a	19.9 a
T ₆	985.5 a	299.5 ab	198.8 a	67.3 abc	193.3 a	51.0 a	58.7 a	15.2 ab
T ₇	954.0 a	447.5 c	198.6 a	89.0 c	178.8 a	73.8 a	53.8 a	23.0 b
T ₈	1 128.8 a	369.8 ab	219.2 a	62.3 ab	219.3 a	61.0 a	56.5 a	17.5 ab
T ₉	1 016.8 a	334.8 ab	202.8 a	72.9 abc	176.8 a	73.5 a	56.6 a	21.8 b
C.V.	16	16	20	16	16	24	19	27

Los valores en las columnas con letras iguales no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($P < 0.05$).

análisis de varianza mostró diferencias significativas (5%) únicamente en las ramas.

En la variable semillas por m², comparando el testigo con los otros tratamientos, fueron significativamente mayores los tratamientos T₃ y T₇; esto muestra que cuando el tratamiento aumentó el número de semillas por m², lo que realmente se aumentó fue el número de semillas en las ramas; esto también sucede con el peso seco de las semillas donde en el tallo principal no hubo diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos, mientras que en las ramas hubo diferencias significativas entre el testigo y T₃, T₇, señalando de nuevo que el efecto de la fertilización foliar, cuando lo hubo, se localizó en las ramas. En el número de vainas y peso de las vainas, sólo hubo diferencias en el peso de las vainas producidas en las ramas entre el T₅, T₇ y T₁₀.

En el ensayo 2 (análisis de crecimiento), al analizar los pesos secos (rendimiento biológico y económico) durante 9 fechas diferentes y sucesivas para dos tratamientos, la prueba de t realizada para todas las variables, mostró solamente diferencias altamente significativas (1%) para el peso de las hojas verdes en el día 79 después de la emergencia (día de la cosecha); esto indica que el único efecto aparente de los fertilizantes foliares es retener mayor cantidad de área foliar verde, o aumentar número de células en las hojas verdes; aparentemente lo que sucedió fue lo último; Sansted *et al.* (13) señalan que en frijol el efecto más evidente de los fertilizantes foliares fue el hacer que se retuvieran hojas verdes después de que las vainas estuvieron maduras; García y Hanway (5), con soya, suponen que el hecho de que

las hojas pierdan nutrientes es lo que hace que éstas tomen un color amarillo y no haya fotosíntesis. Revisando los pesos secos (Fig. 1) de la planta de frijol se nota que generalmente fue mayor, aunque no significativo en el tratamiento experimental; al

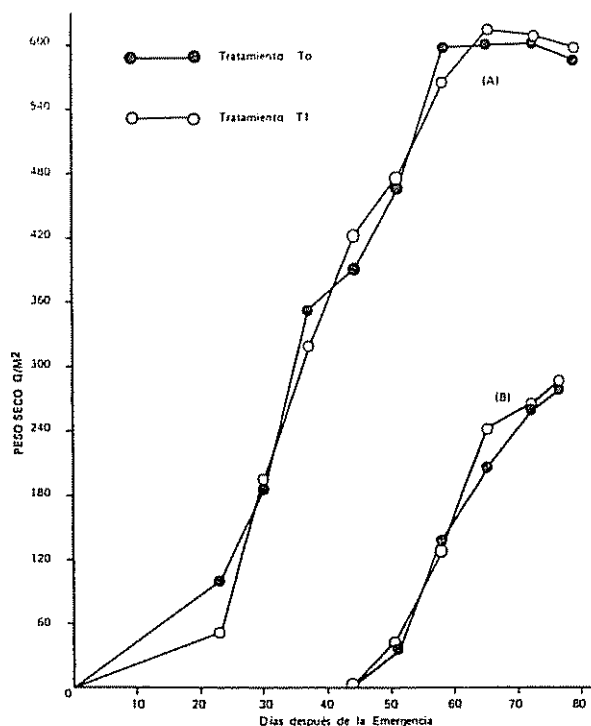


Fig. 1. Peso seco en g/m² en plantas de frijol, en A peso seco total, B peso seco de las semillas; para dos Tratamientos T₀ (fertilización por el suelo) T₁ (fertilización por el suelo más fertilización por las hojas), en el ensayo 2.

final fue mayor en 5 g/m^2 el peso de las semillas, en 3 g/m^2 peso de las vainas, en 2 g/m^2 peso de las hojas amarillas y en 1 g/m^2 peso de las hojas verdes; el peso seco total fue mayor en el tratamiento experimental en 8.6 g/m^2 ; además no se presentaron daños en las hojas verdes como lo informan Lauer (6) y Sandsted *et al* (13), o sea que el rendimiento económico y el biológico no aumentan por efecto de la fertilización foliar y que cuando se presenta disminución en estos valores aparentemente no se debió a daños en las estructuras fotosintetizadoras sino que posiblemente la toxicidad, si la hubo, fue sobre todo tipo de actividad

La producción de materia seca total (rendimiento biológico) no fue significativamente diferente, lo cual quizá esté relacionado con la producción de materia seca en semillas (rendimiento económico), igual para los dos tratamientos; al respecto, CIAT (4) señala que una mayor producción de materia seca total presenta una correlación alta ($r = 0.96$) con el rendimiento económico.

En la Fig. 1 se muestran los pesos secos totales y el peso seco de las semillas para los dos tratamientos, notándose una tendencia igual para las dos variables, no encontrándose diferencias significativas para ninguna de las dos entre los dos tratamientos.

En la Fig. 2 se presenta el aporte que hace el tallo principal y las ramas en la producción de materia seca durante el período de crecimiento y desarrollo del cultivo; no se hallaron diferencias significativas entre los dos tratamientos para ninguna de las fechas.

Tratando de estudiar el efecto de la fertilización foliar dentro de la planta se calcularon los valores relativos (porcentajes) de los pesos secos de las diferentes estructuras que conforman la planta, para los dos tratamientos; se nota que a medida que la fase reproductiva se hace más conspicua (peso de vainas y semillas) van creciendo los porcentajes de materia seca aportados por las ramas y en esa misma medida el aporte relativo del tallo principal va siendo menor; al final el tallo principal aporta el 65% de la materia seca y las ramas el 35%, cuando inicialmente los respectivos valores eran tallo principal 82.9% y ramas 9.7%.

Tomando los pesos secos de la fase reproductiva y vegetativa, al final del período de crecimiento, la parte vegetativa alcanza a ser un 48% y la parte reproductiva un 62%; la parte reproductiva aportada por el tallo principal es de 42.2% y la producida por las ramas alcanza a ser de 19.8%. En la Figs 3 y 4 se muestra la dinámica de los órganos reproductivos (flores, vainas desarrolladas y no desarrolladas)

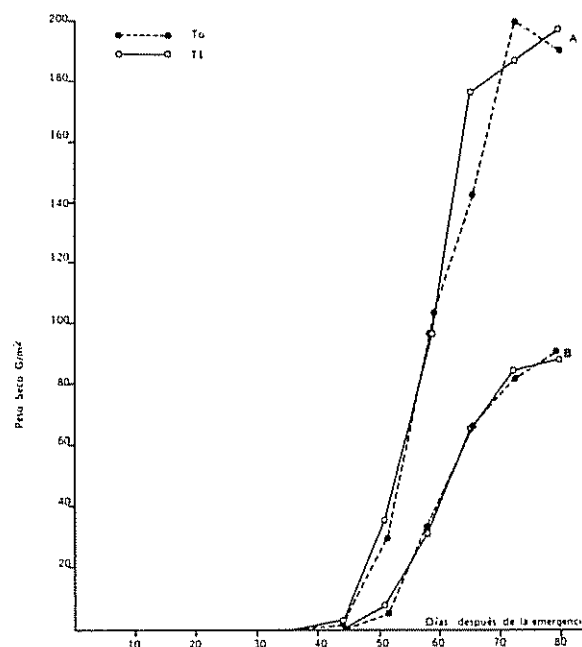


Fig. 2. Peso seco de las semillas en gramos por metro cuadrado, producidas por plantas de frijol con dos tratamientos: T₀ (fertilización por el suelo) y T₁ (fertilización al suelo más fertilización foliar) Ensayo 2. A: producidas en el Tallo principal. B: producidas en las Ramas.

en los dos tratamientos del ensayo 2; al hacer la prueba de t para cada una de las fechas no se hallaron diferencias significativas para los dos tratamientos. Al final la diferencia entre los dos tratamientos fue de 3 vainas/m², lo que en rendimiento económico correspondió a 5 g/m^2 . La prueba de t entre órganos producidos en las ramas y tallo principal mostró diferencias significativas a partir del día 40 después de emergencia hasta el día 79, indicando que el tallo principal es la fuente de mayor número de vainas. Al observar los datos de la dinámica de los órganos reproductivos se encontró una gran pérdida de éstos, ya que de un máximo de 645 y 595 estructuras reproductivas por m² para los tratamientos T₀ y T₁, respectivamente, se cosecharon 255 y 258 vainas maduras, lo que muestra que el T₀ perdió el 61%, mientras que el tratamiento experimental (T₁) perdió 57%; aparentemente la aplicación suplementaria de fertilizantes foliares ayudó a que el tratamiento T₁ retuviese más vainas. La Fig. 3 muestra que la mayor pérdida de órganos reproductivos se da a nivel de flores y vainas pequeñas; esto está de acuerdo con Tanaka y Fujita (16) y Apadurai *et al* (1), quienes señalan que en frijol el mayor porcentaje de órganos reproductivos que se caen corresponden a vainas pequeñas.

Lo anterior hace suponer que uno de los problemas en el rendimiento económico en frijol es la baja capacidad en la retención de las vainas y que posible-

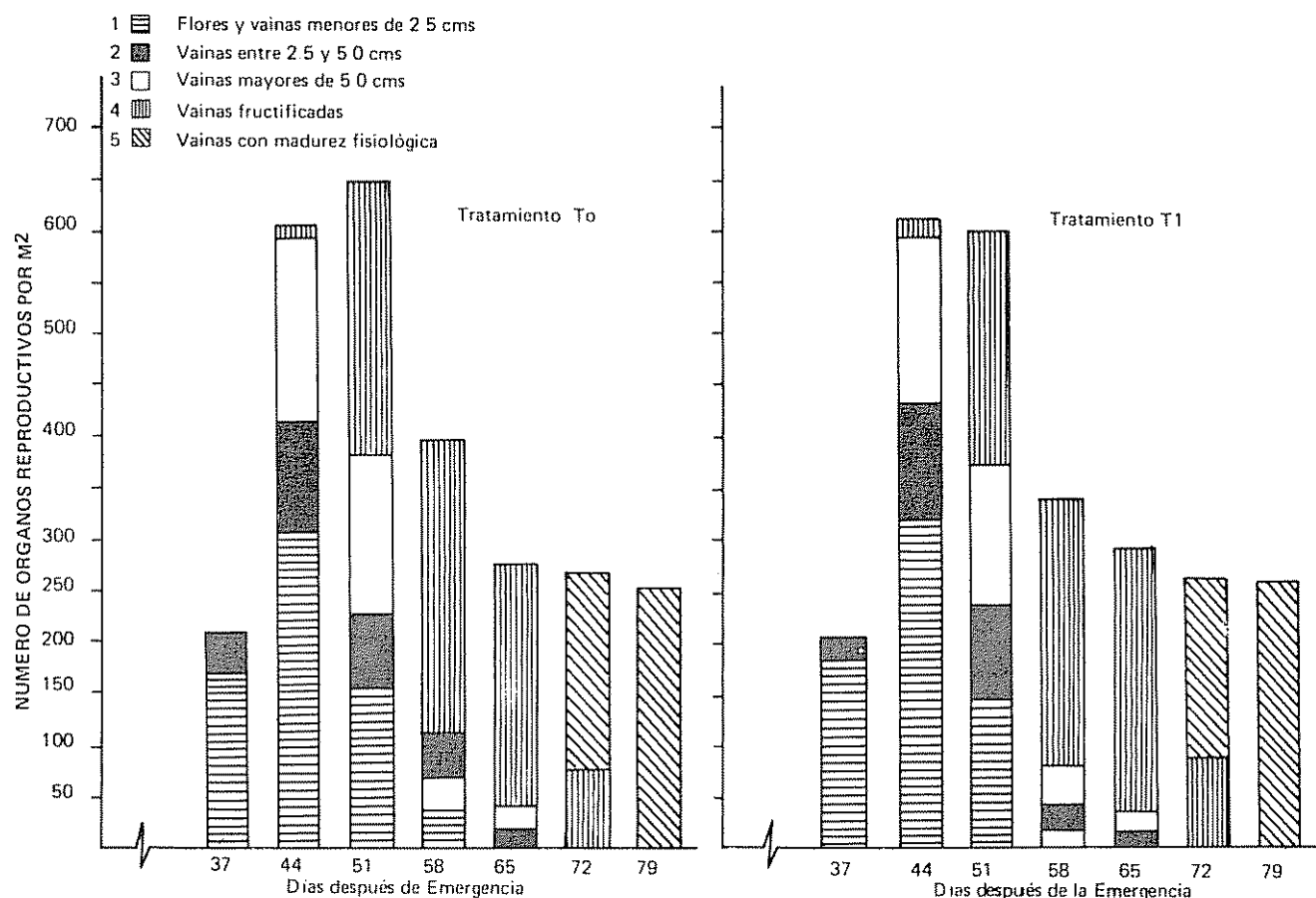


Fig. 3 Número de órganos reproductivos (flores y vainas) en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en el Tratamiento T₀ (fertilización por el suelo) y T₁ (fertilización por el suelo más fertilización foliar), en el ensayo 2

mente no sea una deficiencia en elementos minerales lo que causa este problema.

En la Fig. 4 se indica el número de órganos reproductivos producidos en el tallo y en las ramas para los dos tratamientos del ensayo 2. Lo más conspicuo es que es el tallo principal el sitio donde mayor número de órganos reproductivos se forman y al final es el que pierde mayor cantidad; sin embargo, es también allí donde mayor número de vainas maduras se cosechan. En el actual caso en el tratamiento T₀ se obtuvieron 167 vainas en el tallo principal y en las ramas 87; para el tratamiento T₁ se obtuvieron 173 y 85 vainas respectivamente.

En el estudio de la dinámica se nota un pequeño efecto de la fertilización foliar en las ramas hacia el día 50 después de emergencia.

El número de nudos por m² en los dos tratamientos (Fig. 5) es mucho mayor en el tallo principal; además se ve cierta correspondencia entre número

de nudos y número de órganos reproductivos. Esto es razonable ya que las flores de frijol son axilares. CIAT (4) indica que una mayor estructura de nudos es una variable que se relaciona con el rendimiento económico

El área foliar verde es tal vez la variable que más influye en el rendimiento biológico y económico. En la mayor parte del ciclo de desarrollo del cultivo, el tallo principal es el mayor aportador de área foliar (Fig. 6). Al hacer la prueba de t para las diferentes fechas y el área foliar total no se hallaron diferencias significativas entre los dos tratamientos; entre la producción de área foliar en el tallo principal y las ramas se hallaron diferencias significativas hasta el día 60 después de emergencia. El área foliar igual entre los dos tratamientos tal vez explique la semejanza en el rendimiento económico y biológico entre los tratamientos. CIAT (4) señala que el área foliar se relaciona mucho con el rendimiento, y que a mayor estructura de nudos aumenta el índice de área foliar, siendo el óptimo de área foliar valores entre 4.1 y 4.2 m²/m².

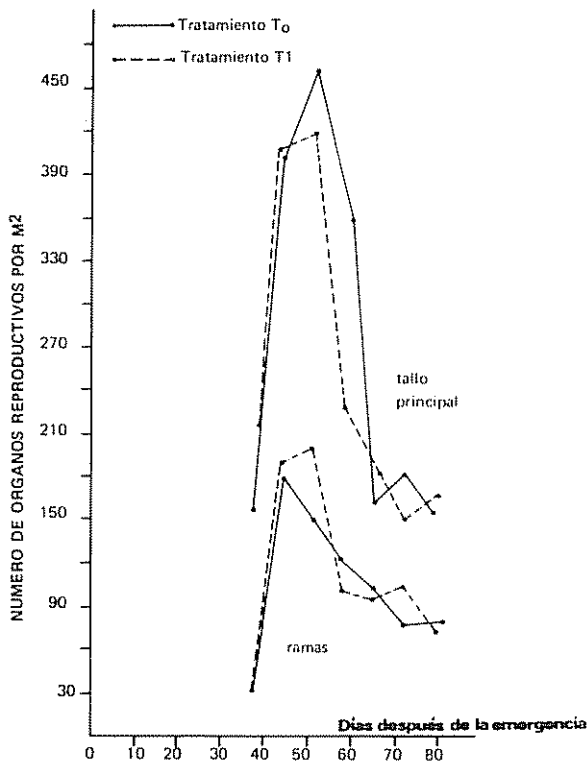


Fig. 4 Organos reproductivos en el tallo principal y en las ramas de plantas de frijol, en dos tratamientos, T₀ (fertilización por el suelo) y T₁ (fertilización por el suelo más fertilización por las hojas) en el ensayo 2

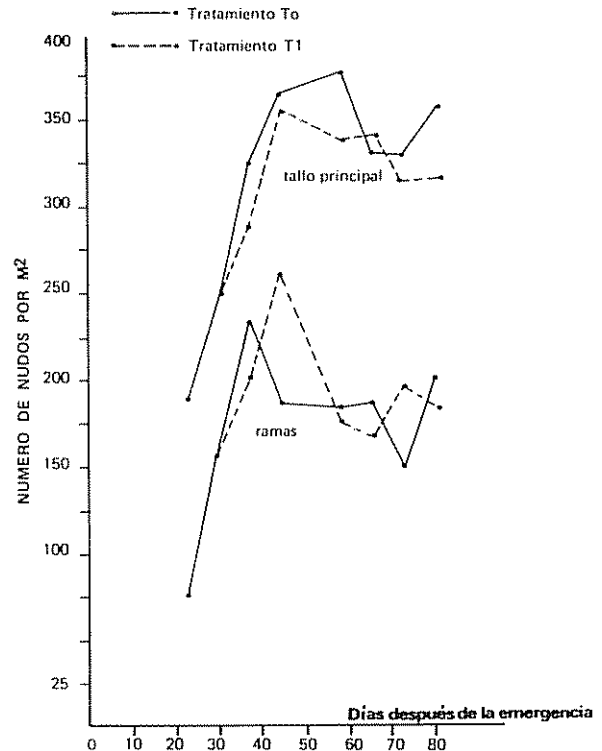


Fig. 5 Número de nudos en el tallo principal y en las ramas en plantas de frijol en dos tratamientos, T₀ (fertilización por el suelo) y T₁ (fertilización por el suelo más fertilización por las hojas) en el ensayo 2

Discusión

Son muy pocas las referencias sobre el efecto de los fertilizantes foliares en el rendimiento biológico. La mayoría de los trabajos hacen énfasis solamente sobre el rendimiento económico; sin embargo, estas referencias son contradictorias.

En el ensayo 1, se logró establecer que en los 10 tratamientos hubo algunas diferencias, ya sea incrementando o bajando el rendimiento económico, pero estas diferencias no fueron significativas al 5% (Cuadro 3); comparando el promedio del tratamiento testigo con los otros promedios se encuentra que los tratamientos que presentaron mayor rendimiento económico fueron, en orden decreciente, el T₃, T₄, T₈, y T₇ con 292.5, 287.2, 285.5 y 284.5 g/m², respectivamente; estos tratamientos corresponden a la aplicación del fertilizante foliar desde el día de la floración hasta 14 días después de la floración. Machado *et al* (7), en frijol, hallaron que la aplicación de N por vía foliar aumenta los rendimientos económicos cuando la aplicación se hace entre los

30 y 45 días después de emergencia; sin embargo, Lauer (6) y Bulisani *et al* (3), también para frijol, encontraron que la aplicación foliar de N, P, K y S más algunos microelementos, por vía foliar, sólo aumenta los rendimientos económicos cuando no se ha aplicado fertilizante al suelo. Sandsted *et al* (13), igualmente para frijol, informan que a medida que aumenta la tasa de aplicación foliar de fertilizante el rendimiento de las semillas en número decrece, y que, en general, los fertilizantes foliares no aumentan el rendimiento económico.

Cuando se estudia los componentes del rendimiento económico se encuentra que no hay consistencia en los datos. En la componente número de semillas/m² los mejores rendimientos económicos están muy relacionados con esta variable, ya que el mayor número de semillas/m² se halló en los tratamientos T₃, T₄, T₈, y T₇ con 1 533.7, 1 436.0, 1 438.2 y 1 401.5, respectivamente; estos tratamientos corresponden a los mejores rendimientos económicos. Machado *et al* (7), en frijol, encuentran que el aumento en el rendimiento económico, cuando se

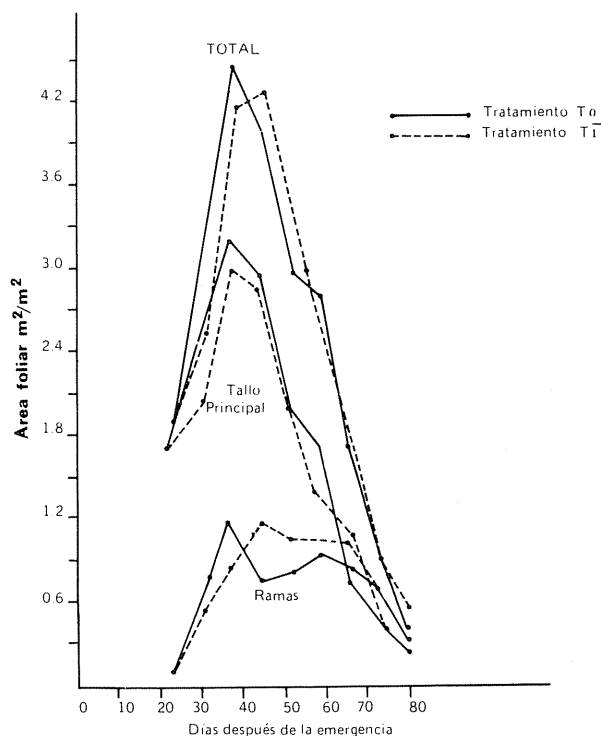


Fig. 6. Area foliar por m^2 producida en plantas de frijol con dos tratamientos: T_0 (fertilización por el suelo) y T_1 (fertilización por el suelo más fertilización por las hojas). Ensayo 2.

hace aplicación foliar de N, fue dado básicamente por el aumento en el número de semillas por planta. Poole *et al.* (10) y García y Hanway (5), para soya, informan que los aumentos en el rendimiento económico, cuando se aplica fertilizante por las hojas, está dado por el incremento en el número de semillas. El tratamiento T_6 produjo el más bajo rendimiento económico (98%) y a la vez produjo el menor número de semillas/ m^2 este tratamiento corresponde a la aplicación del fertilizante foliar a los 21 días después de la floración. García y Hanway (5), en soya, confirman que aplicaciones de fertilizante por las etapas posteriores a la floración muestran muy poco efecto en el rendimiento económico; Sandsted *et al.* (13), en frijol, informan que aplicaciones foliares algunas veces causan bajas en el rendimiento económico.

La variable tamaño de las semillas estuvo asociada en apariencia con el promedio de semillas por vaina; a mayor tamaño, menor número de semillas por vaina; sin embargo, parece ser una variable que poco influye en el rendimiento económico. Poole *et al.* (10) hallaron que en soya la fertilización foliar aumenta el tamaño de las semillas; Rosolem *et al.* (12) y Machado *et al.* (7), para frijol, muestran que la aplicación

foliar de fertilizantes aumenta el peso de 100 semillas (tamaño de las semillas). Analizando los aportes que hace cada una de las estructuras de la planta no se halló diferencias significativas entre los tratamientos del ensayo 2; a través del período de crecimiento y desarrollo se ve que las ramas van tomando valores mayores en la producción de peso seco a medida que transcurre el tiempo. Al final del período de crecimiento, la fase reproductiva es preponderante en el aporte de materia seca y dentro de la fase reproductiva, el tallo principal es el que mayor porcentaje aporta.

Tanto en el ensayo 1 como en el 2, cuando se presentó efecto positivo, este efecto se dio en las ramas y no sobre el tallo principal, tanto a nivel de materia seca total como sobre el rendimiento económico y en las variables asociadas con éste.

Conclusión

La fertilización foliar suplementaria en el frijol no muestra efectos positivos significativos sobre el rendimiento biológico o económico, ni tampoco sobre los factores relacionados con el rendimiento económico; cuando hay aumento en el rendimiento económico se debe a aplicaciones de nutrimentos por vía foliar en el momento de la floración o en los días inmediatos a ésta. Aplicaciones posteriores a esta fecha no muestran ningún efecto.

El aumento en el rendimiento económico se debió básicamente al aumento en el número de semillas/ m^2 .

Las aplicaciones sucesivas del fertilizante foliar no presentan ningún efecto sobre la producción de materia seca total.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la aplicación suplementaria de un fertilizante foliar en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de la variedad Porrillo Sintético, las cuales se habían abonado por el suelo. Se aplicaron diferentes cantidades del fertilizante foliar; la cantidad total dependió del número de fechas en que se hizo la aplicación y éstas variaron de una a cinco.

En cada una de las aplicaciones se usaron 16.0:2.5:6.6:1.0 kg/ha de N:P:K, respectivamente y por vía de las hojas.

Ensayo 1: Componentes del rendimiento

Se hicieron 10 tratamientos diferentes en un diseño de bloques al azar; cada tratamiento se repitió

cuatro veces y cada repetición se sembró en un área de 15 m². Se hizo un muestreo en el momento de la cosecha, tomando en cada repetición dos submuestras, una sobre un área de 5 m² y la otra de 1 m²; en cada una de las submuestras se analizó peso seco de las semillas. Además, en la submuestra de 1 m² se estudió: número de semillas, número de vainas, promedio de semillas/vaina, tamaño de las semillas, peso de las vainas, altura del tallo, número de tallos, peso seco de los tallos y número de nudos.

No se hallaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, aunque en algunos se presentaron efectos pequeños por la fertilización foliar.

Ensayo 2: Análisis de crecimiento

Se estudiaron dos tratamientos: el testigo al cual sólo se le abonó por el suelo y el tratamiento al que además de la fertilización por el suelo se adicionaron suplementariamente y por vía foliar 80:12:33:5 kg/ha de N:P:K:s, respectivamente y repartidos en cinco fechas sucesivas. Cada uno de los tratamientos se repitió cuatro veces y cada una de las repeticiones se sembró en un área de 49 m². El diseño usado fue bloques al azar. En este ensayo se hizo un muestreo semanal sobre un m² por repetición; el primer muestreo se hizo siete días antes de la floración y el último durante la madurez fisiológica. En cada uno de los muestreos se analizó: número de órganos reproductivos (flores, vainas pequeñas, vainas desarrolladas), área foliar, número de nudos, peso seco de las vainas, semillas, tallos, peciolas, hojas amarillas, hojas verdes y raíces.

Se encontró que durante el periodo de crecimiento y en la época de cosecha, la aplicación del fertilizante foliar no mostró efectos significativos sobre ninguna de las variables estudiadas y en ninguna de las fechas en las cuales se hizo el muestreo.

Literatura citada

1. APPADURI, R.; RAJAKARUMA, B.; GUNASENA, H. 1967. Effect of spacing and leaf area on pod yields of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). Indian Journal of Agricultural Science 37:22-26.
2. BOOTE, K.J.; GALLAGHER, R.N.; ROBERTSON, W.K.; HINSON, K.; HAMMOND, L.C. 1978. Effect of foliar fertilization on photosynthesis, leaf nutrition and yield of soybeans. Agronomy Journal 70:787-791.
3. BULISANI, E.A.; ALMEIDA, L.D.; DEMATTE, J.D. 1973. Observações preliminares sobre adubação foliar em feijoeiro. Bragantia 32:13-17.
4. CIAT. 1978. Programa de frijol. Informe Anual O2S1B-77. 84 p.
5. GARCIA, R.L.; HANWAY, J.J. 1976. Foliar fertilization of soybeans during the seed-filling period. Agronomy Journal 68:653-657.
6. LAUER, D.A. 1982. Foliar fertilization of dry beans with NPKS. Agronomy Journal 74:339-344.
7. MACHADO, J.R.; ROSOLEM, C.A.; BALDUCI, J.J.; NAKAGAWA, J. 1982. Adubação foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). I. Estudo de época de aplicação de nitrogênio. Turrialba 32:417-421.
8. NEWMAN, P.M.; GISKIN, M. 1979. Late season foliar fertilization of beans with NPKS: Effect of cytokinins, calcium and spray frequency. Communications in Soil Science and Plant Analysis 10:579-589.
9. PARKER, M.M.; BOSWELL, F.C. 1980. Foliar injury, nutrient intake and yield of soybeans as influenced by foliar fertilization. Agronomy Journal. 72:110-113.
10. POOLE, D.W.; RANDALL, G.W.; HAM, G.E. 1983. Foliar fertilization of soybeans. II. Effect of biuret and application time of day. Agronomy Journal 75:201-206.
11. ROBERTSON, W.K.; HINSON, L.C.; HAMMOND, L.C. 1981. Foliar fertilization of soybeans in Florida. Soil and Crop Science Society of Florida. 36:77-79.
12. ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; BALDUCI, J.J.; HING, L.T. 1982. Adubação foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). II. Efeitos do nitrogênio com e sem cobertura nitrogenada. Turrialba 32:423-428.
13. SANDSTED, R.F.; MINOTTI, P.L.; HYMES, W.L.; LAMONT, W.J.; THOMPSON, A. 1971. Foliar nutrition of dry beans. Cornell-Veg-Nes 26:1-5.
14. SESAY, R.; SHIBLES, R.S. 1980. Mineral depletion and leaf senescence in soya beans as

- influenced by foliar nutrient application during seed filling. *Annals of Botany* 45:47-55.
15. SYVERUD, T.D.; WALSH, L.M.; OPLINGER, E.S.; KELLING, K.A. 1980. Foliar fertilization of soybeans. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 11:637-651.
16. TANAKA, A.; FUJITA, K. 1979. Growth, photosynthesis and yield components in relation to grain yield of the field bean. *Journal of Agriculture, Hokkaido University* 59:145-238.
17. VASILAS, B.L.; LEEG, T.O.; WOLF, D.C. 1980. Foliar fertilization of soybeans: Absorption and translocation of N^{15} labeled urea. *Agronomy Journal* 72:271-275.

Reseña de libros

SMITH, K.A. (ed.). *Soil analysis, instrumental techniques and related procedures*, M. Dekker Inc. New York, USA. 1983. 562 p.

Este volumen sobre análisis instrumental de suelos resume la experiencia de 16 conocidos investigadores, en su mayoría de las Universidades y de las Estaciones Experimentales del Reino Unido.

Se presentan en esta obra los principios fundamentales de las más usadas técnicas de análisis instrumental que se emplean para análisis de suelos, en conjunto con la problemática de la aplicación agrícola de estos procedimientos, como por ejemplo, los métodos más adecuados para la preparación de muestras para estas técnicas.

El libro se subdivide en once capítulos y considerando el papel esencial que juega la técnica de la absorción atómica en el análisis agrícola, se dedica a esto el primer capítulo, que es más o menos un décimo del volumen. Aproximadamente la mitad del capítulo se dedica a los principios y limitaciones de la técnica mientras que la segunda mitad del capítulo se dedica a sus aplicaciones y a una amplia bibliografía de cerca de 400 referencias.

El segundo capítulo que aproximadamente es del mismo tamaño que el primero, se dedica a los electrodos sensitivos a diferentes iones. Se discuten los electrodos indicadores y de referencia conocidos, los métodos para su calibración y los principales métodos

para su uso. Una parte amplia del capítulo se refiere a la aplicación de estos instrumentos al análisis de suelo y plantas, incluyendo microelectrodos, incluso para estudios con plantas vivas.

El tema del tercer capítulo es el análisis de flujo continuo y de muestras individuales con propósito de rutina. Se discuten los componentes de estos sistemas automáticos, los principios involucrados en su operación y las limitaciones en el uso de este equipo. Se discuten individualmente los diferentes aniones y cationes que se pueden determinar con los sistemas.

El cuarto capítulo se ha dedicado a los instrumentos automáticos para determinar carbono, nitrógeno y azufre totales en suelos. Este capítulo tiene muy poca teoría y así se dedica a la descripción de los instrumentos existentes y a comentarios sobre su aplicación para análisis de suelos. Aunque éste es uno de los capítulos más breves, la amplia experiencia de los autores lo hace más útil y además suministra información que es muy difícil encontrar en otros trabajos.

El análisis por fluorescencia de rayos X es el tema del quinto capítulo. Este método útil para elementos con número atómico mayor que ocho permite la determinación de varios elementos relativamente difíciles de analizar con otras técnicas como el Br, Se y V. El capítulo ofrece una introducción adecuada a la teoría del método y a los principios en los cuales se basan los instrumentos utilizados. Tanto los aspectos cuantitativos como los cualitativos del método son presentados no solamente para muestras de suelos sino también para muestras foliares.

El sexto capítulo, uno de los más amplios ya que contiene sesenta páginas de información incluyendo una bibliografía de 265 trabajos, aunque no los más

actualizados. Se inicia el capítulo con una breve introducción a la teoría de la radioactividad a la cual sigue una amplia subdivisión sobre la detección y el recuento de las diferentes radiaciones.

La cuarta subdivisión se dedica a la metodología de los procesos usados en radioquímica como las preparaciones de las muestras, análisis por dilución isotópica, determinación de la edad de materiales por ^{14}C y la preparación de sustancias orgánicas marcadas. El capítulo se concluye con información sobre la aplicación de estas técnicas para análisis de suelos, muestras de plantas y otros materiales del ambiente.

En el capítulo séptimo se estudia el análisis por activación de materiales agrícolas. Se exponen brevemente tanto los principios del análisis por activación con neutrones como de la espectrometría de los rayos gama. Se incluye una sección amplia y bien documentada sobre los detalles prácticos de este tipo de análisis. El capítulo se concluye con una información sobre diferentes aplicaciones potenciales de la técnica como por ejemplo para análisis total de suelo y sus fracciones, estudios de nutrición de plantas y animales, investigaciones del ambiente y estudios policiclos.

El octavo capítulo se ha dedicado al estudio de relaciones isotópicas de nitrógeno por medio de espectrometría por emisión óptica. Se discute la teoría del método y se le compara con la otra técnica posible de espectroscopia de masa. Se indica que la sensibilidad del método de espectroscopia de masas es mayor y así se pueden detectar menores diferencias, mientras que la segunda técnica discutida requiere tamaños de muestras menores.

Se discuten los instrumentos comerciales y las diferentes formas de aplicación de la técnica. Una breve bibliografía de 40 artículos concluye el capítulo.

El noveno capítulo estudia la otra alternativa para investigaciones con nitrógeno, la determinación de las proporciones de isótopos de este elemento por espec-

trometría de masas. Se estudia con detalle la instrumentación que se aplica, la preparación de las muestras y la aplicación de esta técnica en investigaciones agrícolas. Ochenta referencias, varias de ellas trabajos de reseña, forman la bibliografía.

El capítulo décimo se ha dedicado al campo poco conocido del análisis de atmósfera del suelo por medio de cromatografía de gases. Una amplia bibliografía, al final del capítulo, resume posiblemente la mayoría de los trabajos hechos en este campo. En forma breve, se presentan las teorías involucradas y se discute con más detalle las partes de los instrumentos usados. Luego, presenta información sobre los pasos prácticos del análisis de la atmósfera del suelo y la aplicación de estas técnicas en estudios de suelos.

El último capítulo se dedica a la determinación de plaguicidas en suelos por medio de cromatografía de gases y cromatografía de líquidos a alta presión. Este capítulo que presenta material muy novedoso y pocas veces resumido, está acompañado por una muy amplia bibliografía de cerca de 200 artículos en este campo. Seis subcapítulos reúnen el material. El primero se refiere a la toma de muestras y a su preparación para la cromatografía. El segundo trata a las técnicas de cromatografía de gas y líquidos. El siguiente, más corto se refiere a la cromatografía de líquidos a alta presión al cual le sigue un subcapítulo sobre manejo de los datos obtenidos, otro sobre identificación de sustancias y uno final sobre métodos para la determinación de plaguicidas en suelos.

El volumen finaliza con amplios índices de materias y autores que facilitan la localización de temas a estudiar. Su contenido de información útil es grande, todo presentado con buen estilo. Se recomienda esta obra a todos los interesados en análisis instrumental moderno de suelos y plantas y a las bibliotecas que dan servicio a estos especialistas.

ELEMER BORNEMISZA
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA