

M. L. BODRERO*, R. A. MARTIGNONE**, F. NAKAYAMA**, L. MACOR*

Summary

*The effect of foliar fertilization during reproductive stage upon soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seed yield was evaluated. Trials were carried out at Estación Experimental Agropecuaria Oliveros, INTA, Oliveros (32°33' S and 60°51' W), Argentina, between 1978 and 1981 on an Argiudol class 1 soil, in which previous nodulated soybean crops varied from 0 to 3. Soil chemical analysis did not show mineral nutrient deficiencies.*

Solutions containing N, PKS, NPKS or commercial products with macro and/or micronutrients were sprayed over two cultivars sown in this area in a complete randomized block design.

Only in the first year there was a seed yield increase averaging 11% when 40 or 80 kg/ha or 40-4-12-2 kg NPKS/ha were sprayed. With 80-8-24-4 kg NPKS/ha seed yield augmented 20.5%. These increases were due to an additional contribution of these nutrients which were at limiting levels in tissues. On the contrary, lack of response in other trials sown in experimental areas having more than two previous nodulated soybean crops, indicated an adequate natural nutrient supply. In this situation it is unlikely to have any response to foliar fertilization, and it is still more unlikely with commercial products that give fewer amounts of mineral nutrients.

Introducción

La fertilización foliar es un recurso agrotécnico que ha resultado efectivo para incrementar la producción de numerosos cultivos. Una de las ventajas respecto a la fertilización al suelo radica en que la disponibilidad de los nutrimentos es más rápida en los sitios requeridos por la planta.

En la simbiosis entre la soja (*Glycine max* (L.) Merr.) y el rizobio, la actividad de la fijación del nitrógeno declina marcadamente desde el comienzo del crecimiento de las semillas (8). Contemporáneamente se inicia una importante migración de los compuestos nitrogenados desde los tejidos vegetativos hacia las semillas, acelerando los procesos de senescencia foliar

que disminuyen la tasa asimilatoria y el período de llenado (15). Para compensar este nitrógeno y otros nutrimentos trasladados, García y Hanway (5) experimentaron la fertilización foliar con N, P, K y S en una relación similar a la hallada en las semillas. Con una relación de concentraciones de 10:1:3:0.5 de N, P, K, S aplicada durante el llenado de las semillas, obtuvieron incrementos del rendimiento de hasta un 44%. Otros trabajos realizados a partir de entonces produjeron resultados contradictorios (2, 3, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 16).

El objetivo de los ensayos analizados en este trabajo fue dilucidar los efectos de la fertilización foliar con N, P, K y S y con productos comerciales, durante el período reproductivo, sobre el rendimiento.

Material y métodos

Los ensayos se realizaron en la Estación Experimental Agropecuaria Oliveros, INTA, en Oliveros (32°33'S y 60°51'O), República Argentina. Las siembras se efectuaron el 23-11-78; 27-11-79; 24-11-80 y 21-12-81. Los suelos fueron Argiudol típico serie

¹ Recibido para publicación el 16 de noviembre de 1984.

* Estación Experimental Agropecuaria Oliveros INTA-CC 4-2206 OLIVEROS

** Fac. Cs. Agrs., Univ. Nac. Rosario-Sta. Fe 2051-2000 Rosario-Argentina

Maciel en el año 1979 y Arguidol ácuico serie Oliveros en los restantes años ambos de clase I según su capacidad de uso (6). Los análisis químicos efectuados en los suelos no revelaron deficiencias de nutrientes minerales. Los cultivares utilizados fueron Halesoy 321 en los cuatro años y Williams en 1979 y 1980.

Las semillas inoculadas se sembraron sobre suelos barbechados que contaron con 0, 2, 2 y 3 cultivos previos de soya nodulada en cada uno de los respectivos ciclos. La distancia entre surcos fue de 0.7 m con una densidad de alrededor de 30 plantas/m², efectuándose las labores culturales requeridas.

Las soluciones utilizadas contuvieron N, PKS (1:3:0.5) y NPKS (10:1:3:0.5) en las dosis indicadas en el Cuadro 1. Cuando el N se aplicó sólo, la fuente fue urea; en la mezcla PKS las sales fueron KPO₄H₂: K₂PO₄H, KCl y K₂SO₄ y en la mezcla NPKS: urea: (NH₄)₂PO₄H: KPO₄H₂: KCl y K₂SO₄. Las soluciones se prepararon con agua destilada; se ajustaron a pH 6.8 y contuvieron 0.25 ml/l del tensoactivador SP 80. La dosis final de cada tratamiento se alcanzó después de cuatro aplicaciones parciales de 300 l/ha cada una. Las atomizaciones se realizaron cada 5 a 9 días entre R₅ y R₇ (4). En el último año el ensayo contó con otros tratamientos consistentes en la utilización de productos comerciales, cuyas dosis y época de aplicación se detallan en el Cuadro 2.

Las soluciones se aplicaron con una mochila provista de botallón que permitió mojar completamente las plantas desde arriba y por ambos costados. En los dos primeros años se realizaron por la mañana y en

1980 y 1981 en las últimas horas de la tarde. Las parcelas testigos fueron asperjadas con agua más tensoactivador.

El diseño experimental en cada ensayo fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas fueron de 3.5 m de ancho por 10 m de largo cosechándose una superficie de 15 m². El rendimiento de semillas se expresó en kg/ha con 13% de humedad. Para explicar las diferencias entre los rendimientos, se extrajeron 10 plantas al azar de cada parcela registrándose el número de frutos por planta.

Los resultados se sometieron al análisis de la variancia y las diferencias entre los tratamientos se establecieron según el Test de Rangos Múltiples de Duncan al nivel del 5% de probabilidad.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se observa que sólo en el primer año hubo incrementos del rendimiento y ocurrió en tratamientos que suministraron nitrógeno. Con aplicaciones de 40 y 80 kg N/ha los rendimientos se incrementaron en un 11.0 y 11.7% respectivamente. Con los cuatro nutrimentos, 40:4:12:2 kg NPKS/ha el rendimiento aumentó en 10.9% similar al logrado con nitrógeno sólo, pero al duplicar estas dosis hubo un incremento del 20.5%, posiblemente por una interacción entre N y PKS a estos niveles. Asociado con estos incrementos, las hojas de estos tratamientos fueron de color verde más oscuro que las de los restantes tratamientos. Se deduce que la fertilización aumentó la concentración foliar de los nutrimentos aplicados, fundamentalmente del nitrógeno, acorde con antecedentes existentes (2, 9 y 14).

Cuadro 1. Efecto de la fertilización foliar con N, PKS y NPKS sobre el rendimiento de la soya.

Dosis (kg/ha) N P K S	Rendimiento (kg/ha)					
	1978/79	1979/80		1980/81		1981/82
	Halesoy 321	Halesoy 321	Williams	Halesoy 321	Williams	Halesoy 321
0 0 0 0	2 667 a ¹	2 874	2 724	3 584	2 964	3 459
40 0 0 0	2 963 b	2 760	2 683	3 592	3 111	3 227
80 0 0 0	2 981 b	2 608	2 647	3 594	2 809	3 100
0 4 12 2	2 630 a	2 656	2 619	3 586	—	—
0 8 24 4	2 595 a	2 710	2 688	3 485	—	—
40 4 12 2	2 958 b	2 794	2 819	3 595	2 946	3 221
80 8 24 4	3 215 c	2 587	2 599	3 366	2 967	3 144
Coefficiente de variación %	4.41	9.11	4.44	5.59	7.50	5.71

1 En el ciclo 1978/79, valores seguidos de igual letra no difieren al nivel del 5% según Test de Duncan. En restantes años, diferencias no significativas.

Cuadro 2. Dosis (g/ha), época de aplicación de dos productos comerciales y rendimiento (kg/ha) del cv. Halesoy 321 de soya en 1981/82.

Productos	Dosis (g/ha)										Epoca de aplicación	Rendimiento (kg/ha)
	N	P	K	S	Fe	Zn	Cu	Mn	B	Mo		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	3 459
A + B	1 100	200	300	85	70	43 5	35	33 5	13	0 45	R1	3 437
A + B	2 200	400	600	170	140	87 0	70	67 0	26	0 90	R1 y R5	3 353
A + B	3 300	600	900	255	210	130 5	105	100 5	39	1 35	R1, R5 y R6	3 220
B	—	—	—	—	50	30	25	22 5	8 5	0 30	R1	3 357
B	—	—	—	—	100	60	50	45 0	17 0	0 60	R1 y R5	3 278
B	—	—	—	—	150	90	75	67 5	25 5	0 90	R1, R5 y R6	3 371

En nuestro ensayo, este mejor estado nutritivo de las plantas favoreció los procesos asimilatorios, sosteniendo el crecimiento de un mayor número de semillas y, por ende, reduciendo la caída de frutos. Los frutos por planta, al momento de la cosecha, se incrementaron hasta 37% con las dosis más altas, pero sin producir diferencias significativas en el número de semillas por fruto ni en el peso unitario de las semillas. Las hojas en los tratamientos con nitrógeno amarillaron aproximadamente 10 días más tarde, prolongando el período de llenado de los granos, lo cual permitió que éstos alcanzaran similar tamaño que los restantes tratamientos a pesar del incremento en su número. García y Hanway (5) también encontraron que los aumentos de rendimiento se debieron al mayor número de semillas cosechadas.

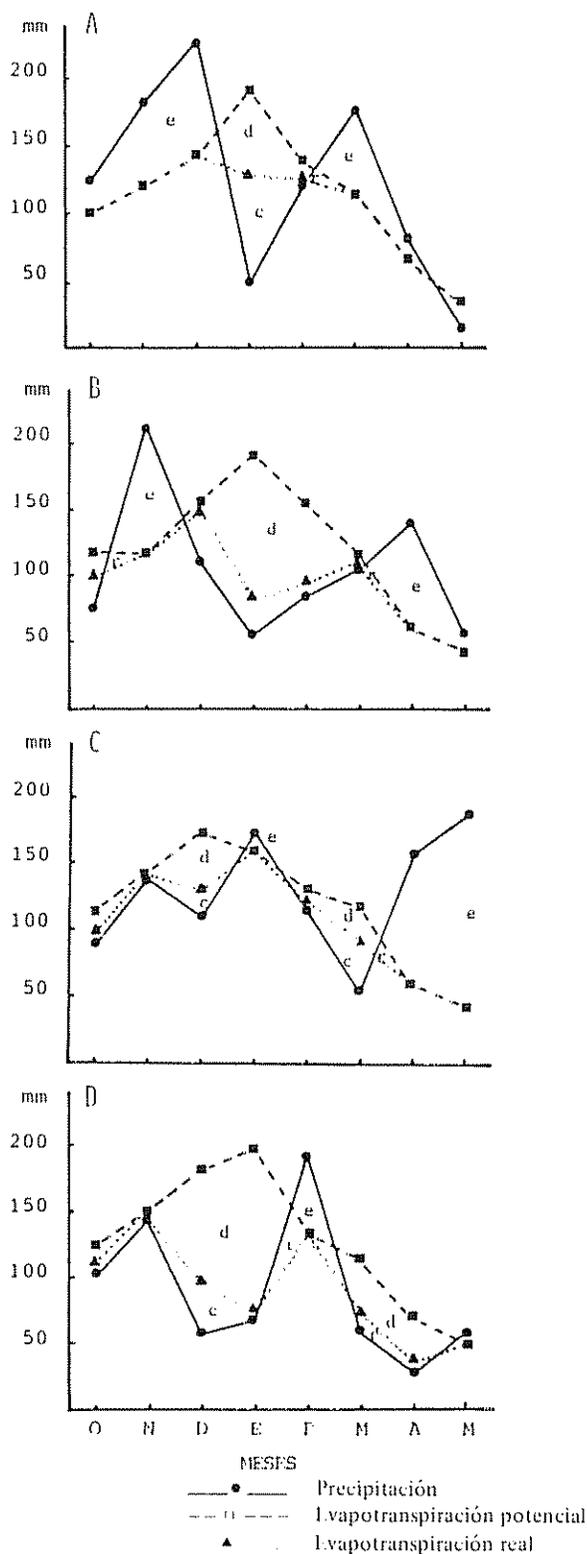
En los restantes años, independientemente del cultivar utilizado, no se produjeron diferencias significativas del rendimiento debidas a los tratamientos. Los promedios de ambos cultivares en el ciclo 1979/80 fueron relativamente bajos debido a la sequía que incidió durante el crecimiento reproductivo (Figura 1B), en contraposición a los restantes años que fueron climáticamente más favorables (Figuras 1A, C y D). Sin embargo, el rendimiento del testigo en 1978/79 fue el más bajo. El hecho de que la producción de semillas del tratamiento 80:8:24:4 kg NPKS/ha de esta campaña fuese similar al de los mismos tratamientos y testigos de Halesoy 321 en 1980/81 y 81/82 indicaría que el nivel de nutrimentos en los tejidos fue limitante solamente en 1978/79.

Se interpreta que el motivo fundamental de estas diferencias estuvo radicando en que en 1978/79 se cultivó soya nodulada por primera vez, mientras que en los restantes años tuvieron 2, 2 y 3 cultivos nodulados previos, lo que aseguró una adecuada provisión de nitrógeno, favoreciendo la acumulación de nutri-

mentos esenciales. En otros trabajos de fertilización nitrogenada al suelo se comprobó que luego de dos o más cultivos previos de soya nodulada, el aporte de la fijación simbiótica a la planta fue de tal magnitud que un aporte adicional al suelo de hasta 200 kg N/ha en distintos estadios no afectó ninguna de las variables medidas (1).

En los cuatro años, las hojas superiores de ambos cultivares que recibieron tratamientos de 80 kg N/ha, sólo o combinado, presentaron áreas necróticas. Los antecedentes indican que este daño se incrementa con temperaturas elevadas luego de la aplicación y condiciones de déficit hídrico (11 y 12). El "quemado" fue mayor en 1979/80, ciclo en el cual el balance hídrico fue más desfavorable (Figura 1B) coincidiendo además con una aplicación matinal. Como la urea es hidrolizada en los tejidos por la ureasa produciendo amonio, si no es rápidamente utilizado produce daño (7, 16). En 1979/80 la urea aplicada estuvo expuesta a las altas temperaturas posteriores, acelerándose su hidrólisis y agravándose el daño por la sequía. Como consecuencia final, las hojas iniciaron la senescencia y caída con una semana de anticipación respecto del testigo. Consecuentemente con el daño foliar se produjo una consistente aunque no significativa reducción del rendimiento en los dos cultivares (Cuadro 1). Estos efectos fueron menores en 80/81 pero en 81/82 se acercaron al de 79/80 frente a un balance hídrico intermedio (Cuadro 1 y Figuras 1C y D).

En 1981/82 integrando el mismo diseño experimental, además de los tratamientos del Cuadro 1, se evaluó la respuesta de dos productos comerciales que designamos A y B (Cuadro 2). Las dosis más bajas fueron las recomendadas por los fabricantes. Las concentraciones de NPKS de las dosis incrementadas fueron inferiores a la décima parte de las más



bajas del Cuadro 1. Ninguno de los tratamientos produjo diferencias significativas del rendimiento entre sí ni con el testigo al nivel del 5% de probabilidad (Cuadro 1 y 2).

Estos resultados coinciden con dos ensayos realizados en el mismo ciclo agrícola con cultivares Hood Selección Cerro Azul y Bragg, sembrados inmediatamente luego de una cosecha de trigo cuyos rendimientos promedio general de todos los tratamientos fueron de 2 628 y 2 614 kg/ha respectivamente. Además desde 1979/80 a 1981/82 se utilizaron otros productos comerciales, solos o con aditivos como glucosa, ácido cítrico, ácido oxálico y ácido etilendiaminotetracético que no produjeron diferencias en los rendimientos (datos no publicados).

Esta ausencia de respuesta a los fertilizantes comerciales no debe sorprender por cuanto aún al incrementarse las dosis recomendadas, las dosis de macronutrientes fueron sustancialmente inferiores a las de las formulaciones N y NPKS del Cuadro 1, que tampoco produjeron incrementos del rendimiento. La posibilidad de una respuesta a los micronutrientes o a aditivos orgánicos no fue evidente. Si bien, es posible que dosis relativamente bajas de elementos esenciales absorbidas por las hojas pueden catalizar procesos metabólicos que favorezcan una absorción radical adicional (9, 17), la falta de respuesta observada descarta esta posibilidad.

Estos resultados permiten llegar a la conclusión de que en esta zona, cultivos de soja realizados en lotes que tuvieron más de dos ciclos de soja nodulada, alcanzan un nivel nutricional que satisfacen los requerimientos de los granos en crecimiento. La cantidad de nutrientes acumulados en los tejidos vegetativos es de tal magnitud, que una aplicación adicional no modifica otros factores fisiológicos.

Resumen

Se evaluó el efecto de la fertilización foliar durante el período reproductivo sobre el rendimiento de la soja. Los ensayos se realizaron entre 1978 y 1981 en la Estación Experimental Agropecuaria Oliveros, INTA (32°33'S y 60°51'O) Argentina, sobre un suelo Argiudol de clase I con 0 a 3 cultivos previos de soja nodulada. Los análisis químicos del suelo no revelaron deficiencias de nutrientes minerales. Las soluciones aplicadas a dos cultivares difundidos en la zona aportaron N, PKS, NPKS o formulaciones comerciales de macro y/o micronutrientes, en un diseño de bloques completos al azar.

Sólo en el primer año se observó un incremento promedio del rendimiento de un 11% cuando la

dosis fue de 40 ó 80 kg N/ha ó 10:4:12:2 kg NPKS/ha. Con 80:8:24:4 kg NPKS/ha el aumento fue de 20-5%. Estos incrementos se debieron al aporte adicional de estos nutrimentos, los que habrían estado en niveles limitantes en los tejidos. Por el contrario, la ausencia de respuesta en los restantes ensayos realizados en lotes con más de dos cultivos previos de soya nodulada, indicaría una adecuada provisión natural de nutrimentos. En esta situación, la probabilidad de tener una respuesta a la fertilización foliar es baja y más aún con la utilización de productos comerciales que provean menor cantidad de nutrimentos.

Literatura citada

- 1 BODRERO, M. L., MARTIGNONE, R. A. y MACOR, L. Efecto de la fertilización nitrogenada de soya. *Ciencia del Suelo* (Argentina) 2: 1984 (en prensa)
- 2 BOOTE, K. J., GALLAHER, R. N., ROBERTSON, W. K., HINSON, K. y HAMMOND, L. C. Effect of foliar fertilization on photosynthesis, leaf nutrition and yield of soybeans. *Agronomy Journal* 70:787-791 1978
- 3 DERMAN, B. D., RUPP, D. C. y NOODEN, L. D. Mineral distribution in relation to fruit development and monocarpic senescence in Anoka soybeans. *American Journal of Botany* 65:205-213 1978
- 4 FEHR, W. R. y CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. Cooperative Extension Service Agriculture and Home Economics Experimental Station IOWA State University of Science and Technology, Ames, Iowa, 1977. Special Report 80. 11 p.
- 5 GARCIA, R. L. y HANWAY, J. J. Foliar fertilization of soybeans during the seed-filling period. *Agronomy Journal* 68:653-657 1976
- 6 HEIN, N., MOSCONI, I. y PANIGATTI, J. L. Mapa de suelos de la E.E.A. Oliveros (Sta. Fe, Rep. Arg.) INTA. Estación Experimental Regional Agropecuaria Rafaela. INTA 1980. Publicación Miscelánea No. 6. 36 p.
- 7 HINSVARK, O. N., WITTEWER, S. H. y TUKEY, H. B. The metabolism of foliar supplied urea. I. Relative rates of C^{14} O_2 production by certain vegetable plants treated with labelled urea. *Plant Physiology* 28:70-76. 1953
- 8 LAWN, K. S. y BRUN, W. A. Symbiotic nitrogen fixation in soybeans. I. Effect of photosynthetic source-sink manipulations. *Crop Science* 14:11-17 1974
- 9 MARTIGNONE, R. A. y NAKAYAMA, F. Fertilización foliar con urea y sacarosa en soja. *Glycine max* (L.) Merr. *Oyton* 43:167-178 1983.
- 10 PARKER, M. B. y BOSWELL, F. C. Foliage injury, nutrient intake and yield of soybeans as influenced by foliar fertilization. *Agronomy Journal* 72:110-113 1980
- 11 POOLE, W. D., RANDALL, G. W. y HAM, G. E. Foliar fertilization of soybeans. I. Effect of fertilizer sources, rates and frequency of application. *Agronomy Journal* 75:195-200 1983
- 12 POOLE, W. D., RANDALL, G. W. y HAM, G. E. Foliar fertilization of soybeans. II. Effect of biuret and application time of day. *Agronomy Journal* 75:201-203 1983
- 13 ROBERTSON, W. K., HINSON, K. y HAMMOND, L. C. Foliar fertilization of soybeans (*Glycine max* (L.) Meer.) in Florida. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings* 36:77-79. 1977
- 14 SESAY, A. y SHIBLES, R. Mineral depletion and leaf senescence in soya bean as influenced by foliar nutrient application during seed filling. *Annals of Botany* 45:47-55 1980
- 15 SINCLAIR, T. R. y de WIT, C. R. Analysis of the carbon and nitrogen limitations to soybean yield. *Agronomy Journal* 68:319-324 1976
- 16 VASILAS, B. L., LEGG, J. y WOLF, D. C. Foliar fertilization of soybeans: absorption and translocation of ^{15}N labelled urea. *Agronomy Journal* 72:271-275 1980
- 17 WITTEWER, S. H. y BUKOVAC, M. J. The uptake of nutrients through leaf surfaces. In Linser, H. ed. *Handbuch der pflanzenernahrung und Dungung*. Springer Verlag, New York. Vol. 1: 325-261 1969.

Reseña de libros

LEON ARTETA, R. Nueva edafología. México Gaceta 1984. 370 p

Este libro, del autor mexicano Régulo León Arteta editado por el Grupo Editorial Gaceta S.A. está dirigido como su autor lo señala a los estudiosos de las ciencias del campo, ecólogos, geógrafos, biólogos, agrónomos, estudiantes, naturistas o al lector que busca el bienestar del campo. En el mismo, el autor trata de abarcar los principales temas de la ciencia del suelo, distribuidos en 10 capítulos. En el primero se hace una breve historia de la edafología y se discuten los factores formadores de suelo; el segundo está dedicado a la física de suelos dando énfasis a la composición mecánica y la estructura; el tercero analiza las relaciones agua - suelo - planta - atmósfera; el cuarto trata algunos de los aspectos más importantes de la química de suelos como: pH, capacidad de intercambio catiónico y el humus; el quinto reúne una información bastante amplia sobre nutrición vegetal que incluye todos los elementos esenciales para el desarrollo de las plantas superiores, además de los tipos y uso adecuado de fertilizantes; el sexto hace referencia a las diferentes clasificaciones de suelo: clasificación con propósitos generales, clasificación FAO/UNESCO, "soil taxonomy" del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, clasificación por capacidad de uso, clasificación por aptitud al riego y clasificaciones prehispánicas; en el séptimo se describen los estudios requeridos y procedimientos recomendados para la conservación del suelo y el agua; en el octavo se expone el origen de los suelos salinos y sódicos, los problemas inherentes a ellos y las prácticas necesarias para recuperarlos; en el noveno se analiza la biología de suelos, haciendo referencia a la macro y microbiología y dentro de éstas, los principales géneros que afectan positiva o negativamente el suelo; en el último se establecen las pautas para un adecuado diagnóstico agroecológico, en donde se incluyen consideraciones sobre parásitos y enfermedades, análisis de suelos, foliares y agua, y agroclimatología.

Al final de cada capítulo se incluye la bibliografía correspondiente a los temas tratados. Se puede apreciar que, aún cuando las referencias en general son

bastante antiguas, tratan temas que aún están vigentes, lo que indica que el autor ha hecho una buena revisión de literatura.

Este libro trata de condensar la información general sobre edafología, que comúnmente se encuentra dispersa en libros específicos tales como Química de Suelos, Física de Suelos, Microbiología de Suelos, Agroclimatología, Clasificación de Suelos, etc., utilizando un vocabulario sencillo, sin palabras superfluas, lo que permite ser entendido por cualquier persona que inicia el estudio de la ciencia del suelo.

Presenta muchos errores a lo largo de todos los capítulos, lo que le resta elegancia, claridad y hace evidente la falta de un buen editor. Los errores más frecuentes son la mala ortografía y los errores tipográficos escapados en la corrección de los borradores, que se presentan en muchas de las páginas de los primeros nueve capítulos, especialmente. Otro error que se presenta es la falta de consistencia; por ejemplo, en la página 336 primero se escriben los meses con mayúscula y luego en los últimos párrafos se escriben con minúscula. La inconsistencia también se presenta en la forma de citar los diferentes autores, en unos casos se anota el año después del apellido y en otros no (ver página 57). Además se hace referencia a algunos autores que no aparecen en la revisión de literatura por ejemplo, Graham (ver página 57).

Otro error en el que incurre el autor es en hacer un uso muy frecuente de ejemplos de sitios mexicanos en casos en que no es realmente necesario citarlos y, además, únicamente se da el nombre del lugar pero no se indican las condiciones en que se realizaron los diferentes estudios, e.g. "En aguacatales de Coscomatepec, Veracruz, afectados por *Phytophthora cinamomi* se han recuperado con aplicación de gallinaza" (página 149, párrafo 7).

Al final del texto se incluye un índice analítico sumamente amplio, el cual le permite al lector encontrar con rapidez el tema deseado.

El libro constituye un buen aporte al conocimiento de la ciencia del suelo, que puede ser muy útil como texto en las diferentes universidades latinoamericanas.

JUAN E. MORA MONTERO
INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA
SAN JOSE, COSTA RICA