

## EVALUACION DE LA FERTILIDAD DE LOS VERTISOLES DE LA PROVINCIA DE BADAJOZ (ESPAÑA) MEDIANTE CULTIVOS EXPERIMENTALES. PRODUCCION EN MATERIA SECA Y NUTRIENTES DEL CULTIVO

A. García y A. López

*Cátedra de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Extremadura.  
Avda. de Elvas, s/n. 06071, Badajoz.*

### RESUMEN

El presente trabajo pretende establecer la intensidad y jerarquía de las posibles deficiencias en macronutrientes primarios en Vertisoles. Para ello analizamos la producción en materia seca en cada uno de los diferentes tratamientos de fertilización en el test de Chaminade llevado a cabo con *Agrostis tennuis*, además de los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio del cultivo que determinará el estado nutricional del mismo. Se ha observado fuerte respuesta a la fertilización fosfatada, intermedia a la nitrogenada y nula o regresiva a la potásica. Los resultados obtenidos podrán ser utilizados como base en la estimación de las necesidades de abonado en los suelos estudiados.

Palabras clave: Vertisol. Nivel nutricional. Rendimiento. Nutrientes del cultivo.

### SUMMARY

#### EVALUATION OF THE FERTILITY OF VERTISOLS FROM BADAJOZ PROVINCE (SPAIN) BY GREENHOUSE TRIALS. THE YIELD OF DRY MATTER AND NUTRIENTS IN THE CROP

This present work seeks to establish the intensity and scale of the possible essential macronutrient deficiency in vertisols. In order to achieve this goal, we analyzed, the dry matter yield in each different fertilization treatment by the Chaminade test which is carried out with *Agrostis tennuis*. We also analyzed the status of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium in the crop, so as to determine its nutritional state. We observed a very strong response to phosphatized fertilization, a medium one to the nitrogenous and a regressive or no response to potassic fertilization. These results may be used as a basis when estimating the fertilization requirements of the soils studied.

Key words: Vertisol. Nutritional level. Yield. Crop nutrients.

### INTRODUCCION

Los Vertisoles o más ampliamente extendidos en la Provincia de Badajoz, los suelos vérticos, no están muy pero constituyen una de las prin-

cipales unidades edáficas utilizadas en cultivo de secano y sobre los que se asientan las mejores viñas de Tierra de Barros. (Guerra *et al.*, 1968; Hernando *et al.*, 1980).

Cuando se desea conocer el nivel de fertilidad de áreas no muy extensas, con una unidad edáfica predominante y una escasa variedad en el cultivo, limitado en nuestro caso a vid, olivo y cereales, resulta imprescindible además de conocer las características generales de la capa arable, relacionarlas con las producciones obtenidas con diferentes tratamientos de abonado, así como con los resultados de diversos procesos analíticos a los que se somete la planta y, por consiguiente, conocer las interacciones nutritivas de ésta con el suelo. (Van de Hende, 1964;

Sánchez *et al.*, 1969; etc.).

Ante ello, pretendemos evaluar la respuesta a los diferentes tipos de abonado, mediante la relación existente entre el nutriente añadido, su concentración en la planta y el rendimiento obtenido. Para ello, hemos seleccionado el nitrógeno, fósforo y potasio, esenciales para la planta en cantidades relativamente elevadas, y que frecuentemente escasean en la mayoría de los suelos dedicados a cultivo. Además, su deficiencia se traduce en una disminución de los rendimientos, por lo que su extracción debe ser repuesta mediante una adecuada fertilización que permita alcanzar y mantener el óptimo en los equilibrios iónicos vegetativo y nutricional.

## MATERIAL Y METODOS

Para el desarrollo de este trabajo hemos empleado muestras de capa arable de suelos clasificados como Vertisoles en sentido amplio, representativas de todas las áreas existentes en la Provincia, basándonos en la distribución que establece Guerra *et al.* (1968). La distribución muestral y las características generales de la capa arable, aparecen en un trabajo anterior, (A. García y A. López, 1987).

### *Experiencia Biológica:*

Se ha llevado a cabo en macetas en un invernadero no controlado, siguiendo el procedimiento de Chaminade (1960), utilizando como planta testigo el *Agrostis tenuis* Sibth, 1794, (césped de jardín) de crecimiento rápido y que no implica ningún cuidado especial, poniéndose

1 g de semilla por maceta de 1 kg. Las macetas reciben el riego necesario para mantener la humedad adecuada en la duración de la experiencia (once semanas), procurando que no se produzcan pérdidas por drenaje. Se establecen tres cortes para cada una de las macetas, coincidiendo con la 5<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup> y 11<sup>a</sup> semana después de la siembra, en los que se extrae la totalidad de la parte aérea situada a 2 cm por encima del cuello.

Con cada muestra se han constituido cinco grupos con cinco repeticiones cada grupo, y se han colocado al azar y al mismo nivel para evitar, en lo posible, situaciones privilegiadas de luz y temperatura. Cada grupo recibió diferentes abonados, resultando los siguientes tratamientos: AC (abono completo), que recibe en

total 568 ppm de N en forma de  $(\text{NO}_3)_2\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_3\text{K}$  y  $\text{NO}_3\text{NH}_4$ , 218  $\text{mg kg}^{-1}$  de P en forma de  $\text{O}_4\text{H}_2\text{K}$  y  $\text{PO}_4\text{H}_2\text{Na} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y 392  $\text{mg kg}^{-1}$  de K en forma de  $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$  y  $\text{NO}_3\text{K}$ ; AC-N (abono completo sin nitrógeno), recibe la misma cantidad que AC pero en forma de  $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$  y  $(\text{PO}_4\text{H}_2)_2\text{Ca}$  para el P y de  $\text{PO}_2\text{H}_2\text{K}$  y ClK para el K; AC-P (abono completo sin fósforo), incorpora nitrógeno en la misma cantidad y forma que AC, mientras que el K se añade en forma de  $\text{NO}_3\text{K}$  y ClK; AC-K (abono completo sin potasio), incorpora las mismas cantidades de N y P que AC, el primero de ellos en forma de  $(\text{NO}_3)_2\text{Ca} \cdot \text{H}_2\text{O}$  y  $\text{NO}_3\text{NH}_4$ , mientras que el segundo en forma de  $\text{PO}_4\text{H}_2\text{Na} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ; O (sin abono o tratamiento testigo).

A partir del peso de la planta, se calculan los porcentajes de rendimiento frente al tratamiento AC, es-

tableciéndose la relación existente entre ellos. Para comprobar la significación de las diferencias y averiguar como se comporta el suelo frente a los diferentes tipos de abonado se someten los datos a un tratamiento estadístico mediante Análisis de la Varianza y Contraste de Medias.

#### *Análisis de Planta:*

Se realizó una mineralización de la muestra en matraces Kjeldahl, produciéndose la digestión mediante calentamiento y con ácido sulfúrico concentrado. En sucesivas alícuotas se determinaron: nitrógeno mediante el método de Kjeldahl valorándose el amonio generado en la digestión, fósforo por colorimetría de azul de molibdeno, potasio mediante fotometría de llama, calcio y magnesio por absorción atómica, todo ello según la metodología propuesta por Lachica *et al.* (1973).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### *Producción de materia seca:*

Tras finalizar la experiencia, se efectuó un análisis de la varianza para cada una de las 20 muestras iniciales, resultando 17 de ellas significativas al 0.5 %, dos al 2.5 % y la última no significativa, por lo que fue eliminada en los datos que siguen.

También se analizó el contraste entre las medias, mediante el estadístico t, del que lo más destacable fue que sólo en 8 de las 19 muestras consideradas, la diferencia entre el tratamiento con abono completo y el carente de potasio fue significativa, mientras que en la mayoría fue-

ron significativas las diferencias entre el primero y los carentes de N o P.

Los datos globales de la experiencia, los exponemos en la Tabla 1, de la que deducimos que cuando la planta dispone de un aporte externo de todos los nutrientes esenciales a excepción del nitrógeno, las producciones conseguidas son aproximadamente un 15 % mayores que las obtenidas cuando no se le suministra ningún abono, mientras que este incremento baja hasta el 10 % al considerar el abonado sin P.

En definitiva, se puede afirmar que nos encontramos frente a suelos que ofrecen fuerte respuesta a

TABLA 1

*Resumen de la producción en materia seca y porcentajes de rendimiento para cada uno de los tratamientos de la experiencia.*

	TRATAMIENTOS									
	AC		AC - N		AC - P		AC - K		0	
	P. S.	P. S.	R%	P. S.	R%	P. S.	R%	P. S.	R%	
Media . . . . .	10.34	5.39	65.99	5.17	54.91	9.54	95.45	4.24	50.55	
D. S. . . . .	7.98	1.80	23.45	3.22	15.95	6.85	25.52	1.66	17.32	
C. V. % . . . . .	77.36	33.45	35.54	62.24	29.04	71.82	26.74	39.20	34.26	
Mínimo . . . . .	4.58	3.63	21.28	1.61	27.33	2.67	57.05	2.11	15.88	
Máximo . . . . .	31.90	10.96	96.17	14.67	94.43	26.93	159.18	10.01	80.73	

P. S. = Peso seco (g).

R % = Porcentaje de rendimiento.

TABLA 2

*Análisis de la Varianza para el global de la experiencia.*

	S. C.	G. L.	Varianza	F	P <sup>*</sup>
Tratamiento . .	590.38	4	142.60	5.80	<0.0001
Error. . . . .	2290.11	90	25.45		

la fertilización fosfatada, seguida de la fertilización nitrogenada que presenta un comportamiento intermedio y, sorprendentemente, dicha respuesta es casi inexistente o incluso regresiva cuando se enriquece el suelo con potasio. Probablemente, ello pueda atribuirse al buen nivel que estos suelos presentan en este elemento tras largos períodos de cultivo, unido al desequilibrio iónico producido por su adición. Díez (1987), establece que la mayor respuesta a la fertilización potásica corresponde a suelos con un bajo contenido en arcilla, mientras que los suelos estudiados presentan una media del 43 %, lo que justifica esa falta de respuesta a la fertilización potásica.

Estos efectos se corroboran con la significación obtenida para las diferencias entre tratamientos (Tabla 3), a pesar de la excelente significación de la experiencia en su conjunto (Tabla 2).

*Diagrama de fertilidad:*

Se ha efectuado según Schenkel (1971) y se muestra en la figura 1. De los resultados obtenidos en ensayos con macetas, (Bouyer, 1963; Chaminade, 1960 y 1965; Schenkel, 1971 etc.), puede interpretarse que la fertilidad potencial queda representada por las producciones del tratamiento AC. De igual forma, el índice de rendimiento se considera como una medida de la fertilidad actual.

TABLA 3

*Contraste de medias para cada uno de los tratamientos.*

Diferencias	t	P
AC - ACN . . . . .	3.165	0.005
AC - ACP . . . . .	-4.495	<0.0001
AC - ACK . . . . .	1.285	0.215
AC - Testigo . . . . .	3.915	0.001
ACN - Testigo . . . . .	5.684	<0.0001
ACP - Testigo . . . . .	1.996	0.061
ACK - Testigo . . . . .	4.070	0.001

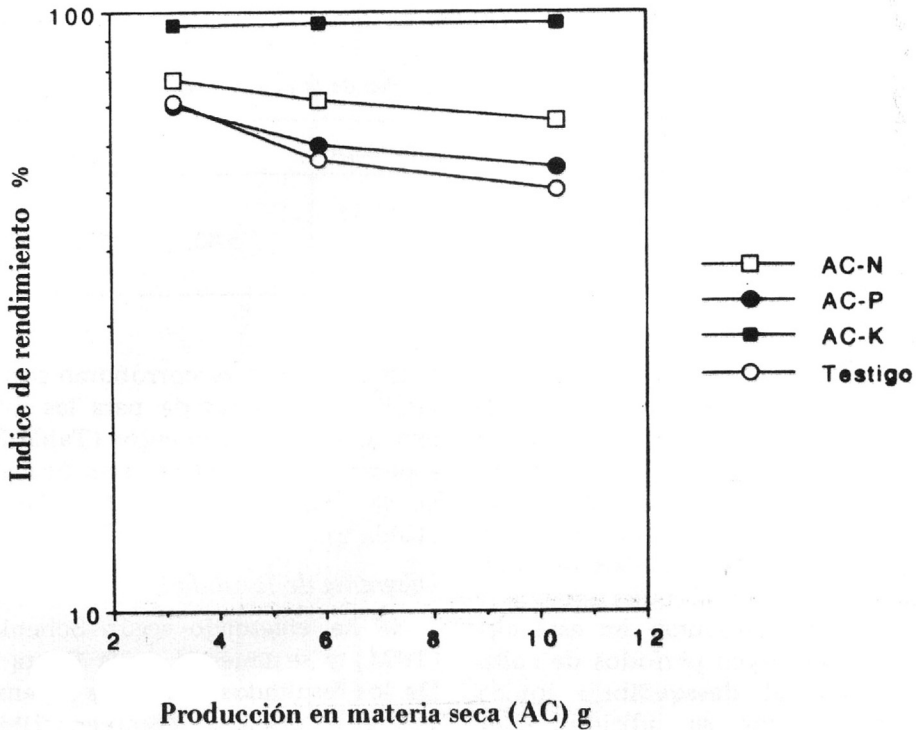


FIG. 1.—Evolución de la fertilidad actual frente a la potencial. (Diagrama de fertilidad).

En el diagrama referido se establece la intensidad y jerarquía de las deficiencias nutritivas, además se dispone de una estimación de la velocidad de agotamiento del nutriente ausente en la fertilización, la cual, se correspondería con la pendiente de la recta de cada tratamiento. Sin embargo, a diferencia de Schenkel, esta representación sólo se observa una relación rectilínea en AC-N, mientras que en AC-P y testigo esta relación no es líneal, explicable en éstos por la discrepancia entre el índice de rendimiento obtenido y esperado para el primer corte; atribuible, en parte, a los contenidos iniciales de fósforo en suelo, los cuales podemos considerar

discretos, desviando los rendimientos en el primer corte hacia índices de mayor grado.

Nuevamente se ponen de manifiesto las notables reservas de potasio de los suelos que nos ocupan, y se corrobora que el fósforo es el nutriente más deficitario y de máxima prioridad e importancia en los programas de fertilización de los Vertisoles de Badajoz.

#### *Contenido de nutrientes en el cultivo:*

Las Tablas 4 a 7 muestran los valores encontrados para cada elemento en el análisis foliar efectuado para cada uno de los tratamientos. Hemos omitido los valores re-

ferentes al magnesio, porque del análisis de la Varianza se deduce la escasa significación de la experiencia para este elemento. Sorprende que no se manifieste el conocido antagonismo con el potasio, si bien el contenido en este elemento es tan alto, que su adición no resulta significativa.

En general se aprecia un descenso en el contenido de todos los elementos según se suceden los cortes,

con una concordancia entre los valores del segundo y el valor promedio, posiblemente debido a una estabilización nutricional de la planta en ese período.

Para el N se observa un comportamiento singular en el tratamiento AC, en el que presenta un máximo en el segundo corte, y que concuerda con lo manifestado por Caballero (1968, 1969); Simón Martínez (1977); etc., respecto al

TABLA 4

*Contenido en nitrógeno (%) del cultivo para cada tratamiento y resumen estadístico.*

	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Promedio
AC . . . . .	4.814	4.917	3.809	4.513
AC - N . . . . .	3.736	3.368	2.606	3.237
AC - P . . . . .	4.923	4.376	3.750	4.350
AC - K . . . . .	5.003	4.863	3.926	4.598
Testigo . . . . .	3.577	3.131	2.632	3.113

*Análisis de la varianza*

	S. C.	G. L.	Varianza	F	P
Tratamiento . . . .	0.3998* 10 <sup>10</sup>	4	9.9955* 10 <sup>8</sup>	26.684	<0.0001
Error . . . . .	0.3371* 10 <sup>10</sup>	90	0.3746* 10 <sup>8</sup>		

*Contraste de Medias*

Diferencias	Valor	t	P
AC - ACN . . . . .	1.276	6.923	<0.0001
AC - ACP . . . . .	0.163	1.136	0.271
AC - ACK . . . . .	0.085	0.633	0.535
AC - Testigo . . . . .	1.400	7.214	<0.0001
ACN - Testigo . . . . .	0.124	1.915	0.072

componente armónico del período oscilante en la concentración del nitrógeno.

Los contenidos en nitrógeno nos indican una interacción positiva del fósforo y una negativa del potasio, si bien en ningún caso las diferencias son significativas. La segunda, contradictoria con todo lo conocido, se explica en el desequilibrio iónico provocado por el exceso de potasio que induce a efectos negativos, como ya quedó expuesto.

El valor promedio de la concentración de N en planta se ajusta con el rendimiento en materia seca mostrado por el tratamiento AC-N. Ello demuestra un paralelismo general con la producción en materia seca, posibilitando el empleo de ambos parámetros en estimaciones de las necesidades nutricionales.

En el caso del fósforo, (Tabla 5), se comprueba nuevamente la efectividad del abonado fosforado, sin el cual el contenido en fósforo sólo

TABLA 5

*Contenido en fósforo (%) del cultivo para cada tratamiento y resumen estadístico.*

	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Promedio
AC . . . . .	0.555	0.513	0.432	0.500
AC - N. . . . .	0.605	0.438	0.385	0.476
AC - P. . . . .	0.322	0.212	0.206	0.247
AC - K. . . . .	0.527	0.449	0.392	0.456
Testigo . . . . .	0.386	0.293	0.277	0.319

*Análisis de la varianza*

	S. C.	G. L.	Varianza	F	P
Tratamiento . . . . .	0.9296* 10 <sup>8</sup>	4	23.2405* 10 <sup>6</sup>	23.558	<0.0001
Error. . . . .	0.8879* 10 <sup>8</sup>	90	0.9865* 10 <sup>6</sup>		

*Contraste de Medias*

Diferencias	Valor	t	P
AC - ACN . . . . .	0.024	1.397	0.179
AC - ACP. . . . .	0.253	13.824	<0.0001
AC - ACK . . . . .	0.044	3.161	0.005
AC - Testigo . . . . .	0.181	8.680	<0.0001
ACP - Testigo . . . . .	-0.072	-5.178	<0.0001



alcanza la mitad del obtenido con abono completo, valor semejante al encontrado al comparar los rendimientos en materia seca, por lo que podría establecerse consideraciones análogas a las del caso del N.

La carencia de N en el abonado sólo deprime, de forma no significativa, el contenido en P, mientras que la ausencia de K lo hace de manera significativa, a pesar del elevado contenido inicial de este

elemento. El excesivo consumo de potasio en el tratamiento con abono completo, podría inducir a la absorción de aniones que neutralizaran el medio, con predominio del P sobre el N, ya que en aquél se produce un menor agotamiento que en éste, como se traduce de su evolución en los diferentes cortes realizados.

Los valores de potasio (Tabla 6) corroboran todo lo expuesto con

TABLA 6

*Contenido en potasio (%) del cultivo para cada tratamiento y resumen estadístico.*

	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Promedio
AC . . . . .	5.083	4.607	3.455	4.382
AC - N . . . . .	5.351	4.035	2.768	4.051
AC - P . . . . .	4.798	3.677	2.902	3.792
AC - K . . . . .	4.159	3.359	2.493	3.337
Testigo . . . . .	4.799	3.540	2.624	3.654

*Análisis de la varianza*

	S. C.	G. L.	Varianza	F	P
Tratamiento . . . . .	0.1248* 10 <sup>10</sup>	4	3.1209* 10 <sup>8</sup>	6.602	<0.0001
Error . . . . .	0.4255* 10 <sup>10</sup>	90	0.4727* 10 <sup>8</sup>		

*Contraste de Medias*

Diferencias	Valor	t	P
AC - ACN . . . . .	0.331	2.188	0.042
AC - ACP . . . . .	0.590	4.506	<0.0001
AC - ACK . . . . .	1.045	8.028	<0.0001
AC - Testigo . . . . .	0.728	4.029	<0.0001
ACK - Testigo . . . . .	-0.317	-2.065	0.054

anterioridad, mostrándose influidos por las carencias de K o P en el abonado. Contrariamente a lo que sucedía con los elementos anteriores, la absorción del elemento no lleva aparejada una elevación de la producción de materia seca, siendo un caso claro de consumo de lujo. Este consumo obliga a una mayor absorción

de elementos aniónicos, y a un innecesario agotamiento del suelo en ellos.

Los valores de calcio encontrados (Tabla 7) sólo se encuentran influidos, significativamente, por la carencia de N, comprobándose el conocido efecto sinérgico entre ambos elementos.

TABLA 7

*Contenido en calcio (%) del cultivo para cada tratamiento y resumen estadístico.*

	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Promedio
AC . . . . .	0.624	1.367	1.639	1.210
AC - N . . . . .	0.583	1.122	1.284	0.997
AC - P . . . . .	1.220	1.762	2.303	1.762
AC - K: . . . . .	0.776	1.442	1.874	1.364
Testigo . . . . .	0.708	0.641	0.957	0.769

*Análisis de la varianza*

	S. C.	G. L.	Varianza	F	P
Tratamiento . . . .	0.1078* 10 <sup>10</sup>	4	2.6956* 10 <sup>8</sup>	4.487	0.002
Error. . . . .	0.5407* 10 <sup>10</sup>	90	0.6007* 10 <sup>8</sup>		

*Contraste de Medias*

Diferencias	Valor	t	P
AC - ACN . . . . .	0.213	1.441	0.167
AC - ACP . . . . .	-0.552	-4.383	<0.0001
AC - ACK . . . . .	-0.154	-1.655	0.115
AC - Testigo . . . . .	0.441	4.103	0.001

## CONCLUSIONES

Del análisis de las producciones en materia seca se deduce que los vertisoles de la Provincia de Badajoz ofrecen fuerte respuesta a la fertilización fosfatada e intermedia a la nitrogenada. Sin embargo, el elevado nivel de potasio que poseen estos suelos tras largos períodos de cultivos ocasiona una respuesta nula o de carácter regresivo a la incorporación de dicho elemento; todo ello es corroborado con la variación experimentada por la fertilidad actual frente a la potencial.

Para nitrógeno y fósforo existe una relación directa: adición de nutriente-concentración en el cultivo-rendimiento. Para el potasio se

pone de manifiesto un evidente consumo de lujo, ya que el aumento de los niveles foliares del mismo no se traducen en un incremento de los rendimientos, y si en un empobrecimiento del suelo en otros nutrientes esenciales, como N y P.

La concordancia encontrada entre N y P en la planta y los rendimientos en materia seca, para los tratamientos AC-N y AC-P respectivamente, permitirían usar los primeros valores en lugar del segundo en el cálculo de las deficiencias de N y P y necesidades de abonado, lo que llevaría a eliminar, en cierta medida, el efecto particular de la planta testigo.

## BIBLIOGRAFIA

- CABALLERO, A., 1969. Ritmos de período en el crecimiento de las plantas. Mem. Real Acad. Ciencias y Artes de Barcelona, 39: 169-214.
- CABALLERO, A., UBACH, M., BERBEL, M. y MORALES, A., 1968. Ritmos en el crecimiento y en la producción de gramíneas pratenses. *Collectanea. Bot.*, 7: 117-149.
- CHAMINADE, R., 1960. Experimentation en vases de vegetation. Types d'essais pour tester l'efficacité des engrais humiques. *Ann. Agro.*, 2: 121-133.
- CHAMINADE, R., 1965. Bilan de trois années d'experimentation en petits vases de végétation. *L'Agronomie Tropicale*, 20: 1101-1162.
- DIEZ, J. A., 1987. Determinación de los niveles óptimos de los parámetros que definen la dinámica del potasio en el suelo en relación al cultivo de la veza. *An. Edafol. Agrobiol.*, 46: 759-770.
- GARCIA, A. y LOPEZ, A., 1987. Nivel de fertilidad de los Vertisoles de la Provincia de Badajoz (España). I. Características generales de la capa arable. *An. Edafol. Agrobiol.*, 46: 1303-1318.
- GUERRA, A., MONTURIOL, F., GALLARDO, J., BADORREY, T., CARLEVARIS, J. J., DE LA HORRA, J. L. y LABRANDERO, J. L., 1968. Explicación del Mapa Provincial de Suelos de Badajoz. Inst. Nac. de Edafología "José María Albareda". C. S. I. C. Madrid.
- HERNANDO, V., JIMENO, L., RODRIGUEZ, J., GONZALEZ, R., GUERRA, A., MONTURIOL, F., GALLARDO, J., LABRANDERO, J. L. y GARCIA-VAQUERO, J., 1980. Estudio de los suelos de la Tierra de Barros. Inst. Nac. de Edafología y Biología Vegetal. Madrid.

- LACHICA, M., AGUILAR, A. y YAÑEZ, J., 1973. Análisis foliar, métodos utilizados en la estación experimental del Zaidín (II). An. Edafol. Agrobiol., 32: 1033-1049.
- SANCHEZ, L., LUCENA, F. y LOBATO, M. P., 1969. Relación entre la fertilidad química del suelo y análisis de la planta. An. Edafol. Agrobiol., 28: 179-189.
- SIMON, E., 1977. Variaciones del contenido de nitrógeno en una plantación de Lolium Perenne. An. Edafol. Agrobiol., 36: 45-62.
- SCHENKEL, G., 1971. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas. II. Diagrama de fertilidad. Turrialba, 21: 263-271.
- VAN DEN HENDE, A., 1964. L'analyse du sol peut-elle utilement compléter le diagnostic foliare. Le controle de la nutrition minerale et de la fertilisation des cultures méditerranéennes (1<sup>er</sup> coll Eur.) 38.

*Recibido: 22-10-91.*

*Aceptado: 9-4-92.*