

I. INTRODUCCIÓN	41
II. MATERIAL Y MÉTODOS	43
III. RESULTADOS Y DISCUSIONES	46
IV. CONCLUSIONES	51
V. APÉNDICE	51
VI. RESUMEN Y SUMMARY	52
VII. BIBLIOGRAFÍA	53

AJUSTE DE UNA TECNICA SUSTRACTIVA PARA EL DIAGNOSTICO DE POSIBLES INSUFICIENCIAS DE NUTRIMENTOS MINERALES DE SUELOS DE LA REGION CENTRAL DE CORDOBA

H. G. FISHER, R. I. MENDOZA y A. P. VON BERTOLDI ¹

I. INTRODUCCION

Desde que, en 1949, se habilitó la Sección Suelos (Manejo y Conservación) en la Estación Experimental Agrícola Manfredi, a cuyo cargo estuvo el primer autor del presente trabajo, se comenzaron a realizar ensayos de fertilización en cultivos regionales, con particular referencia al maní, sorgo granífero, trigo y, en algunos casos, maíz; estos ensayos se realizaron ya sea en campos de productores ya sea en ensayos de rotaciones en la Estación. Se basaron, en general, en la fertilización con N y P y sus combinaciones, descartando generalmente el tercer elemento del esquema clásico NPK, o sea el potasio, en virtud de la riqueza de los suelos del área en este último nutrimento mineral. En el caso del maní se incluyeron variantes con aplicación de yeso como fuente de Ca fácilmente disponible, para su aprovechamiento por las "cajas" en formación.

¹ Ings. Agrs. Ex-Profesor Titular, ex-Profesor Adjunto y ex-Jefe de Trabajos Prácticos, respectivamente, de la Cátedra de Manejo de Suelos de la Fac. de Ciencias Agropecuarias de la Univ. Nac. de Córdoba.

Todos los ensayos citados, no dieron respuestas positivas, salvo el caso del maíz, que en años de régimen pluviométrico favorable, respondió esporádicamente a la fertilización nitrogenada en suelos muy agotados. (La información precedente se halla contenida en diversas memorias técnicas de la EEA Manfredi).

A partir de los resultados comentados, surgieron dos interrogantes básicos: 1º) Es posible, en la región semiárida central, lograr respuestas económicas a la fertilización sin un adecuado manejo previo de la humedad edáfica? y 2º) es válido ajustarse al esquema de fertilización a base de N y P, sin tener en cuenta la posibilidad de carencias o insuficiencias de otros nutrimentos minerales, incluso de alguno de los denominados secundarios o menores, que pudiera hallarse en niveles críticos de presencia o disponibilidad?

En la búsqueda de una respuesta al segundo de los interrogantes planteados, Fisher y Núñez Vázquez durante los años 1968 a 1970 en la EEA Manfredi, INTA, realizaron ensayos aplicando el método sustractivo de Chaminade (1964). Dicho método implica el uso de un testigo con fertilización completa (P, K, Ca, Mg, S y Elementos menores), con adición semanal de N como solución de NH_4NO_3 que se compara con variantes en que se sustrae un elemento por vez, o grupo de elementos como en el caso de los menores; la planta que habitualmente se utiliza para evaluar la producción de materia seca, mediante cortes y rebrotes sucesivos, es el "raigras".

La finalidad del método es establecer el orden en que los distintos nutrimentos minerales del suelo se van agotando; tal como lo expresan Schenkel et al. (1970), ello permite establecer la jerarquía de las deficiencias.

El primer ensayo fue realizado en Manfredi, sobre un suelo zonal local, de textura franco-limosa y contenido de materia orgánica de 2,3 % aproximadamente y sobre un suelo franco-arenoso grueso correspondiente a terrazas del Río Tercero, sometido a muchos años de cultivos de escarda, con predominio del maní, cuyo contenido en materia orgánica es del orden del 0,6 %.

En este primer ensayo se incluyó una variante no prevista en el método original, que consistió únicamente del aporte semanal de nitrógeno. Se constató que esta variante produjo los más elevados rendimientos en materia seca. En un segundo ensayo, utilizando los mismos suelos, se incorporó otra variante, consistente en un mero riego con gua destilada, observando, con cierta sorpresa, que al

mismo le correspondieron los niveles más altos de producción de materia seca. Estos resultados llevaron a la convicción de que las concentraciones de las soluciones nutritivas indicadas en el método original resultaban excesivas para los suelos considerados. Por ello se planeó y efectuó un nuevo ensayo en el que se utilizaron concentraciones de soluciones de nutrimentos de aplicación inicial (P, K, Ca, Mg, S y EM) correspondientes a 0, 1/8, 1/4, 1/2 y 1/1 de las concentraciones indicadas en el método original y las mismas variaciones de concentración en la solución de NH_4NO_3 , para el aporte semanal de N, y todas sus combinaciones; los resultados obtenidos en este ensayo preliminar fueron resumidos en una breve comunicación presentada en la VI Reunión Arg. de la Ciencia del Suelo (Fisher, Núñez Vázquez, 1971).

Mediciones de la conductividad eléctrica de la pasta de suelo saturado permitieron detectar valores de hasta 0,44 % de sales solubles cuando fueron utilizados los niveles mayores en el aporte de soluciones nutritivas, apareciendo como responsable principal de este hecho la solución más concentrada de aporte semanal de N en forma de NH_4NO_3 .

En estos ensayos preliminares se utilizó uno de los criterios indicados por Chaminade, de aplicar riegos para mantener la humedad del suelo aproximadamente en 2/3 de su capacidad hídrica, utilizando recipientes sin drenaje. Como surgieron algunas dudas relativas a la eficiencia del riego en cuanto al mantenimiento de un nivel óptimo de humedad, ya que no fue posible regar por pesadas individuales de cada recipiente, los autores planificaron y realizaron el ensayo que se describe en el presente trabajo.

II. MATERIAL Y METODOS

Como material para el ensayo se utilizaron seis muestras correspondientes a dos perfiles de suelos considerados representativos de dos áreas bastante definidas de la región central de Córdoba. Un perfil de la EEA Manfredi, representativo de los suelos zonales, incluido en la Serie Oncativo y clasificado como Haplustol entico (Jarsum) y otro perfil que corresponde a un suelo aluvial de terraza del Río Tercero, cercano a la localidad de Villa Ascasubi, aún no clasificado (Jarsum) y que es representativo de un área donde predomina el monocultivo de maní. Este último es un suelo que se halla

agotado y severamente afectado por procesos de erosión eólica, lo que explicaría que el Ap tenga un tenor de arcilla más bajo que el horizonte o capa subyacente. La capa II es de gran dureza cuando seca, pero se torna plástica y penetrable por las raíces cuando húmeda. En el cuadro 1 se pueden observar los datos analíticos de estos dos suelos.

CUADRO 1: Características de los suelos utilizados.

Nº	Hor	cm Prof.	Arc.	Limo	Arena Textura	Clase	% me./100g "C. C."	Org. % CIC	% Materia
1	A	0-30	21,3	68,5	10,2	Fr-Limoso	18,8	21,0	2,3
	AC	30-60	16,4	70,5	13,1	Fr-Limoso	17,2	18,0	—
	C	60-100	9,6	63,4	27,0	Fr-Limoso	16,4	18,9	—
2	Ap	0-12	12,2	17,0	70,8	F-Arenoso	11,0	9,7	0,6
	II	12-30	13,9	28,5	57,6	F-Arenoso	12,0	11,3	—
	III	30-60	13,7	35,7	50,6	F-Artoso	11,2	14,4	—

1 = Suelo de Manfredi. Serie Oncativo

2 = Suelo de Villa Ascasubi

Se utilizó un peso uniforme de 1000 g de suelo secado al aire y tamizado por malla cuadrada de 2 mm, el cual se colocó en un recipiente de unos 600 cm² de superficie para agregarle las soluciones nutritivas, tratando de repartirlas lo más uniformemente posible, mezclándolo luego íntimamente (tal como lo indica Chaminate (1964). Una vez seco se introdujo en una bolsita de polietileno que estaba en un recipiente cilíndrico de hojalata de 1000 cm³ de capacidad y de unos 10 cm de diámetro, pintado interiormente con pintura asfáltica. Al llenar las macetas se golpearon suavemente hasta lograr un asentamiento uniforme. El haber utilizado un mismo peso de suelo para las distintas muestras motivó lógicas variaciones en la altura de la columna de suelo.

Los riegos (con agua destilada) se aplicaron cada cuatro días en promedio (con una amplitud de variación de uno a seis días) y el volumen agregado osciló entre cero y 80 cm³.

Las variantes consideradas fueron: Para los niveles de aporte inicial de nutrimentos se incluyen tres niveles de concentración de las soluciones aportantes de P, K, Ca, Mg, S y elementos menores, a saber: 0,1; 0,3 y 0,5 de las establecidas en el método original, tomando como base los resultados anteriormente obtenidos por Fisher y Núñez Vázquez (1971) sobre la misma base, se utilizaron concentraciones de solución de NH_4NC_3 para el aporte semanal de N equivalente a 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 y 0,5 de lo indicado en el método original. La primera adición de N se efectuó mediante la aplicación del $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Combinando todas las variantes resultó un ensayo factorial 3×5 , que fue conducido con dos repeticiones. Durante el transcurso del mismo los recipientes de cada repetición fueron rotados en ocasión de cada corte, riego y aplicación semanal de N.

La especie utilizada fue "raigras" anual (*Lolium multiflorum* L.), sembrando en cada recipiente una cantidad de semillas que asegurara la máxima población de plantas. Los cortes fueron efectuados a una altura de 3 cm sobre el nivel del suelo, secando el material en estufa a 80°C . El momento del corte se determinó en forma un tanto estimativa, cuando se consideró que el crecimiento había sido suficiente. La frecuencia de cortes fue, para la muestra de Villa Ascasubi, para el 1º corte a los 25 días y los restantes cada 22 días en promedio, con un total de 11 cortes y para la muestra de Manfredi, el 1º corte se realizó a los 16 días y los siguientes cada 19 días, con un total de 12 cortes. Los pesos acumulados de materia seca fueron tomados como base para la apreciación del comportamiento de las distintas variantes.

Sobre los resultados obtenidos para cada muestra se efectuó el análisis estadístico, aplicando la prueba de "t" para establecer la significación de las diferencias entre medias de tratamientos, prueba que se considera de suficiente precisión para los fines de este trabajo.

Las determinaciones analíticas fueron realizadas utilizando los siguientes métodos:

Textura: Método de la pipeta.

Capacidad Hídrica: Según Jacobs (1971) (método de la probeta).

Capacidad de Intercambio Catiónico: Según Faedo (1971)

Materia Orgánica: Método de Walkley y Black

No se determinó salinidad por conductimetría ya que, a las concentraciones que corresponden a este trabajo, no se habían observado problemas de salinidad en los ensayos preliminares (Fisher, Núñez Vázquez, 1971).

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En los cuadros 2 al 7 figuran los valores de los rendimientos medios acumulados logrados en cada uno de los tratamientos, para las seis muestras de suelo. El análisis estadístico se realizó sin tener en cuenta las interacciones entre las variantes consideradas, ya que las mismas o bien no fueron significativas o fueron de escasa magnitud. Los promedios se hallan indicados en dg. Los valores subrayados corresponden al más alto y aquéllos que no difieren significativamente del mismo ($P = 0,05$). Las variantes de fertilización inicial se hallan indicadas como 0,1 C; 0,3 C y 0,5 C y las de aporte de N como 0,1 N; 0,2 N; 0,3 N; 0,4 N y 0,5 N.

El análisis de los resultados de los cuadros 2 al 7 permite establecer, en líneas generales, que las muestras de Villa Ascasubi Ap y II, como así también el AC de Manfredi son sensibles a los más altos niveles de N. Confirmando resultados anteriores, las variantes 0,5 C, combinados con algún nivel intermedio de N produjeron los mayores valores de producción de materia seca.

CUADROS 2 al 7: Rendimientos medios acumulados de materia seca para cada una de las variantes (en dg)

Suelo de Manfredi, Serie Oncativo

CUADRO 2				CUADRO 3			
Horizonte A				Horizonte AC			
	0,1C	0,3C	0,5C		0,1C	0,3C	0,5C
0,1N	66	88	88	0,1N	65	90	94
0,2N	64	96	<u>110</u>	0,2N	62	105	<u>112</u>
0,3N	66	<u>108</u>	<u>103</u>	0,3N	58	110	<u>126</u>
0,4N	66	<u>102</u>	<u>106</u>	0,4N	62	95	102
0,5N	70	<u>100</u>	<u>101</u>	0,5N	60	95	106

CUADRO 4
Horizonte C

	0,1C	0,3C	0,5C
0,1N	62	71	72
0,2N	67	81	86
0,3N	69	87	87
0,4N	68	75	72
0,5N	70	80	76

Suelo de Villa Ascasubi

CUADRO 5
Horizonte Ap

	0,1C	0,3C	0,5C
0,1N	28	71	68
0,2N	30	85	94
0,3N	31	77	88
0,4N	30	50	57
0,5N	28	48	38

CUADRO 6
Capa II

	0,1C	0,3C	0,5C
0,1N	32	68	73
0,2N	36	89	92
0,3N	36	90	86
0,4N	39	62	60
0,5N	36	56	54

CUADRO 7
Capa III

	0,1C	0,3C	0,5C
0,1N	29	67	58
0,2N	30	72	76
0,3N	30	67	82
0,4N	30	54	73
0,5N	31	58	71

En el cuadro 8 hemos tabulado la variación de los incrementos para las distintas dosis de "C", para un solo caso, que ejemplifica lo que ocurre aproximadamente para las seis muestras; se observa que la tendencia de los incrementos relativos desde 0,1C a 0,3C, comparada con la débil respuesta de 0,3C a 0,5C nos indicaría que que esta situación no escapa a la ley de los incrementos decrecientes, nos hallamos muy próximos al valor máximo tolerable. Creemos con lo que se justificaría tomar como valor tope 0,5C, confirmando así los datos del ensayo preliminar anteriormente citado.

CUADRO 8: Variaciones porcentuales en la producción de Materia Seca para las distintas dosis de "C" y niveles de aporte semanal de N (Horizonte AC del suelo de Manfredi, Serie Oncativo).

	Variación porcentual	
	0,1C a 0,3C	0,3C a 0,5C
0,1N	+ 38	+ 4
0,2N	+ 69	+ 7
0,3N	+ 90	+ 15
0,4N	+ 53	+ 7
0,5N	+ 58	+ 12

De manera que la combinación 0,5C y 0,25 N podría considerarse como la razonablemente óptima para el mayor nivel de producción de materia seca, tomando en cuenta el comportamiento de las distintas muestras ensayadas.

Las representaciones gráficas de las figuras 1 y 2 muestran comparativamente el efecto de los distintos niveles ensayados, tomando el renlimiento más alto como 100 y los siguientes como proporciones del mismo, para las muestras de los horizontes A de Manfredi y Ap de Villa Ascasubi, que pueden considerarse reflejando valores extremos desde el punto de vista textural y, en cierta me-

didada, del contenido total de coloides minerales y orgánicos. Los planos que cortan las columnas que representan rendimientos de materia seca en valores porcentuales indican el nivel de significación al 5 %.

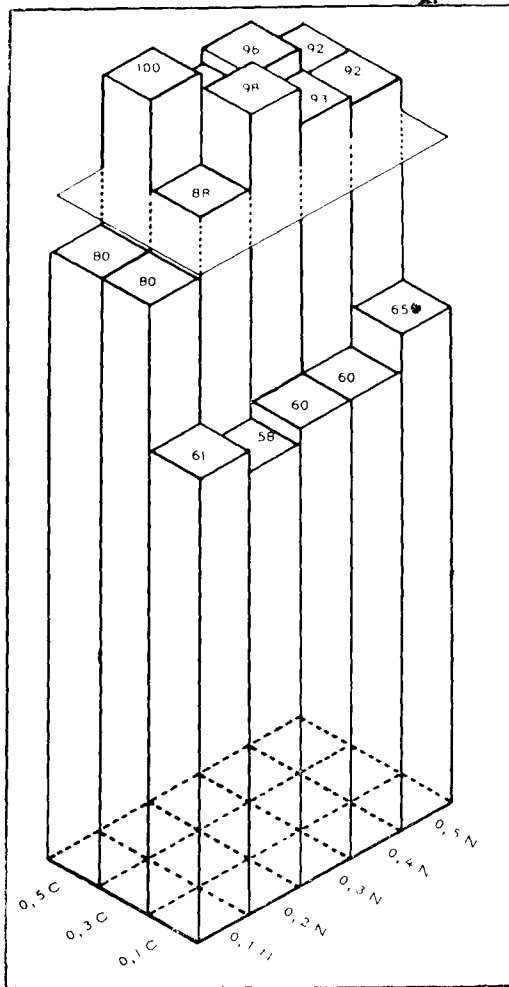


FIG. 1: Suelo de Manfredi (Horizonte A)
Valores relativos de la producción total de Materia Seca.

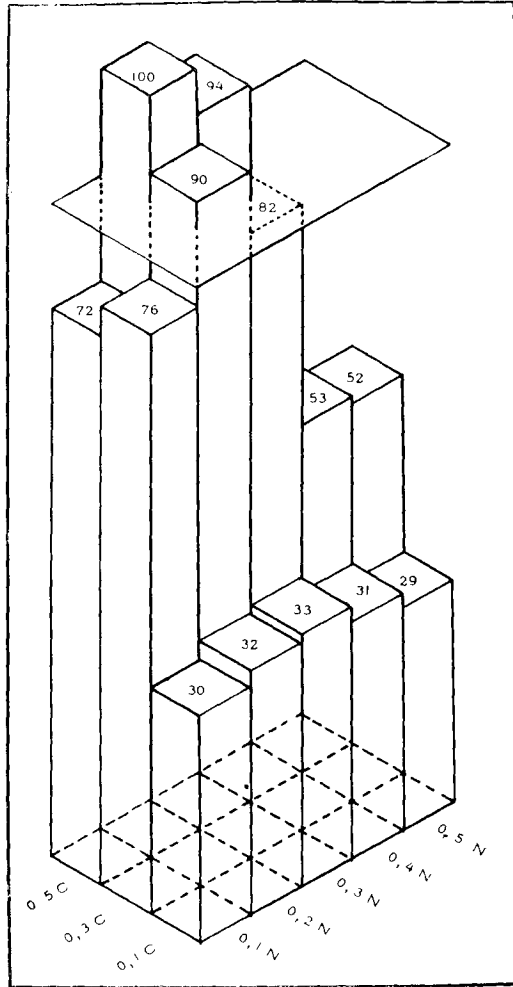


FIG. 2: Suelo de Villa Ascasubi (Horizonte Ap)
Valores relativos de la producción total de Materia Seca.

Finalmente, y pese a que resulta de poca validez correlacionar producción de materia seca con CIC, para dosis variables de N y nutrimentos inicialmente agregados debido a que haría falta un número de datos mucho mayor que el obtenido, se realizó este cálculo observándose que en ningún caso había correlación entre los valores relativos de materia seca (expresados como porcentaje del valor máximo de cada horizonte) con los valores de Capacidad de Intercambio Catiónico.

IV. CONCLUSIONES

1. Para los suelos ensayados, la producción máxima de materia seca, o una buena aproximación a la misma, estaría dada por las concentraciones de nutrimentos iniciales equivalentes a 0,5 veces y de 0,25 veces del aporte semanal de N, del método original de Chaminade.
2. Ensayos posteriores (1974 al 77) demostraron lo valedero de lo anteriormente afirmado, por cuanto ninguna variante, incluyendo testigo "O" y la variante con únicamente aporte semanal de N, logró rendimientos de materia seca significativamente mayores al testigo del método, o sea fertilización completa.
3. En el caso de trabajar con suelos no bien conocidos, resultaría muy útil incluir un testigo "O" sin fertilización y uno con el solo aporte semanal de N. Si cualquiera de ambas variantes revelara rendimientos de materia seca superiores al tratamiento completo, el ensayo quedaría invalidado.
4. Se estima que el método, adecuadamente calibrado, resulta muy útil para la planificación, sobre bases satisfactoriamente ciertas, de los ensayos de fertilización a campo, que son en última instancia, los que deben servir de guía para el asesoramiento a los productores.

V. APENDICE

Concentración de las soluciones recomendadas, que corresponden al 50 % de la fertilización base y al 25 % de la fertilización nitrogenada semanal.

Dosis inicial de macroelementos (20 cm³ cada uno).

1) NH ₄ NO ₃	6,250 g dm ⁻³
2) NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O	48,580 „
3) KHC0 ₃	53,180 „
4) Ca (NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	36,880 „
5) Mg Cl ₂ · 6H ₂ O	12,680 „
6) Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	25,000 „

Dosis inicial de microelementos (10 cm³ de la mezcla)

7) Mn SO ₄ . H ₂ O	0,450 g dm ⁻³
8) Zn SO ₄ . 7H ₂ O	0,220 „
9) Cu SO ₄ . 5H ₂ O	0,310 „
10) HBO ₃	0,200 „
11) (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ . H ₂ O	0,016 „

Dosis semanal nitrogenada (20 cm³)

12) NH ₄ NO ₃	4,280 g dm ⁻³
-------------------------------------	--------------------------

VI. RESUMEN ²

Prosiguiendo trabajos anteriores para adaptar la técnica sustractiva de Chaminade a suelos de la región central de Córdoba se realizó, en 1972, un ensayo factorial utilizando tres niveles de concentración de las soluciones de fertilización completa inicial (N, P, K, Ca, Mg, S y Em) y cinco niveles de aporte semanal de N (solución de NH₄NO₃). El ensayo se realizó con seis muestras de suelo correspondientes a dos perfiles: uno de ellos correspondiente a un suelo zonal ubicado en la EEA Manfredi, INTA, de textura franco-limosa, y el otro de un suelo aluvial próximo a la localidad de Villa Ascasubi, cercano a la margen izquierda del Río Tercero, de textura franco arenosa y representativo de áreas donde predomina el monocultivo de maní. Se utilizó "raigras" (*Lolium multiflorum* L.) como planta índice, evaluando la producción de materia seca mediante cortes bi-semanales. Cada tratamiento se condujo con dos repeticiones, rotando dentro de cada una de ellas los recipientes en ocasión de cada riego y/o aplicación semanal de las soluciones aportantes de N.

El análisis de las producciones acumuladas de los sucesivos cortes permite establecer como concentraciones óptimas, o lo suficientemente aproximadas, las siguientes: para ambos suelos: 0,5 de la concentración de las soluciones de fertilización completa inicial y 0,25 de la solución de NH₄NO₃ de aporte semanal de N, ambos valores con relación a lo estipulado en el método original

SUMMARY

"Adjustment of a subtractive technique for the diagnosis of possible nutrient deficiencies in soils of the central region of Córdoba (Argentina)".

Proceeding previous work for the adjustment of Chaminade's subtractive method to soils of the central region of Córdoba, in 1972, a factorial experiment was conducted, three concentration level of the solutions for initial com-

² El presente resumen fue presentado, en carácter de comunicación, a la VII Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Bahía Blanca, 1975.

plete fertilization (N, P, K, Ca, Mg, S, and minor elements) and five levels of weekly addition of N (NH_4NO_3 solution) were utilized. The experience was conducted with six samples corresponding to two soil profiles: one a zonal soil of the Manfredi Agr. Exp. Station (INTA) with a texture corresponding a silt loam and the other an alluvial soil on terraces of the Río Tercero river, being a coarse sandy loam and representative of an area of peanut monoculture. Rye grass (*Lolium multiflorum* L.) as utilized as test plant, valuating dry matter production by cuttings at two week intervals. Each treatment was carried on with two replications, rotating the pots in each of them every time water or nitrogen solution was added.

The analysis of the accumulated dry matter production of successive cuttings permits to establish as optimum concentrations, or nearly so, the following: 0,5 times the concentration of the initial complete fertilization solutions and 0,25 times the concentration of the weekly supply of N as NH_4NO_3 solution, both values in relation to those indicated in the original method.

VII. BIBLIOGRAFIA

- CHAMINADE, R. 1964. Diagnostic des carences minerales du sol par l'experimentation en petites vases de vegetation. Science du sol: 157-168. Deuxieme semestre, Ed. par l'Association Francaise pour l'Etude du Sol. Etoile de Choisy. Route de Saint-Cyt, Versailles (Seine et Oise).
- FAEDO, S. E. 1971. Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico por la aplicación del método de Ronchese para determinar amonio. Actas de la 6ª Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Cba.
- FISHER, H. y F. NUÑEZ VAZQUEZ. Datos inéditos.
- FISHER, H. y F. NUÑEZ VAZQUEZ. 1971. Ajuste del método biológico de Chaminaide para determinar la riqueza en nutrientes minerales de dos suelos de la región central de Córdoba (Argentina). Actas de la 6ª Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo: 198, Cba.
- JARSUM, Bahill. Comunicación personal (Mapa de suelos de la provincia de Córdoba, INTA - SEAG).
- JACOBS, H. S. et al. 1971. Soils Laboratory Exercise Source Book. Amer. Soc. of Agron., Madison, Wisconsin
- SCHENKEL, G. S., P. BAHERLE, T. A. FOLODY y M. M. GAJARDO. 1970. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. Agricultura Técnica, Vol. 30, N° 4: 173187.