VARIABILIDAD EN EL CONTENIDO DE MICRONUTRIENTES PARA SUELOS CULTIVADOS CON CAÑA DE AZUCAR

Oswaldo Vallejo Torres* y Danilo López–Hernández**

*Postgrado en Biología, Area Ecología, y ** Laboratorio de Estudios Ambientales, IZT, Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela, Apdo. 47058, Caracas 1041–A. Venezuela.

RESUMEN

Se comparó la efectividad de dos soluciones extractoras: DTPA (Acido dietilentriamina penta–acético) y el reactivo Carolina del Norte, CN, (0,05 N de HCl y 0,025 N de H_2SO_4, reactivo de Mehlich) para extraer simultáneamente Fe, Mn, Zn y Cu en 4 suelos cultivados con caña de azúcar en el estado Yaracuy, Venezuela. En general los niveles de los cuatro micronutrientes extraídos con DTPA resultaron mayores y tuvieron menor coeficiente de variación CV que los extraídos con CN. En base al test–t se calculó el tamaño de muestra que genera un estimado confiable de la media. En el caso de los análisis con DTPA el tamaño mínimo de muestra para el 10 por ciento de precisión oscilaba entre 4–67; mientras que para el ensayo con CN se necesitaban entre 9–1231. Los resultados sugieren que para los suelos estudiados, el ensayo con DTPA es más adecuado para diferenciar el estatus de micronutrientes.

Palabras claves: Micronutrientes, Variabilidad Espacial, Tamaño de Muestra, Solución Carolina del Norte, DTPA, Caña de azúcar.

VARIABILITY OF MICRONUTRIENT LEVELS IN SOILS CULTIVATED WITH SUGAR–CANE

ABSTRACT

We have compared the capacity of two reagents DTPA (diethylenetriamine penta–acetic acid) and North Carolina reagent to extract simultaneously available Fe, Mn, Zn and Cu in 4 soils cultivated with sugar–cane in Yaracuy, Venezuela. In general, DTPA extracted higher levels of micronutrients with a minor variability (CV) than North Carolina's solution. Using the t–test the number of observations needed to obtain a mean value with a given precision were calculated. The number of observations using DTPA at 10% precisión ranged 4–67, whereas in the case of North Carolina's extraction were much larger (9–1231). Therefore, for the analized soils DTPA is a more convenient extraction reagent.

Key Word: Micronutrients, Spatial Variability, Size Sample, North Carolina Reagent, DTPA, sugar cane.

INTRODUCCION

A fin de definir el número de muestras que represente de manera confiable el valor promedio de una determinada propiedad del suelo, se debe conocer su variabilidad (Dahiya et al. 1984). Aparte de la variabilidad tanto espacial como temporal inherente a cada propiedad (López–Hernández, 1987) el método de extracción puede a su vez introducir una gran variación en los resultados (Leo, 1983). Puede ocurrir, por otro lado, que el método más apropiado sea laborioso, tóxico, costoso o difícil de implementar (Ponnamperuma et al., 1981).

En los estudios sobre micronutrientes se han realizado pocos ensayos con el fin de determinar el tamaño mínimo de muestra que genere una aproximación promedio del estado de fertilidad de los suelos. Cox y Kamprath (1972) señalaron que aparentemente es necesario tomar un gran número de muestras, pero Kennedy y Brown (1981) determinaron el tamaño mínimo de muestra para representar exactamente el cinc extraible en suelos de Missouri (E.E.U.U.) y señalaron que para un nivel de precisión del 10% debían ser tomadas de 1 a 24 muestras. Khan y Northcliff (1982) estudiaron la variabilidad espacial de la disponibilidad de Fe, Mn, Zn y Cu y calcularon el tamaño mínimo de muestra para alcanzar predeterminados niveles de precisión en una serie de suelo en Inglaterra. Estos autores señalan que a un nivel de precisión dado, el tamaño de muestra es diferente para cada micronutriente, lo que enfatiza las dificultades que se generan cuando se quiere definir análisis complejos (varios micronutrientes) en una misma muestra compuesta.

Cox y Kamprath (1972) revisaron la literatura hasta esa fecha sobre la metodología para evaluar micronutrientes disponibles utilizando soluciones extractoras. Uno de los métodos químicos que ha ganado gran aceptación en los laboratorios de análisis de suelos como una solución extractora confiable para suelos alcalinos o calcáreos y que extrae simultáneamente Fe, Mn, Zn y Cu es el método del DTPA (Acido dietilentriamina penta–acético) desarrollado por Lindsay y Norvell (1978), aunque también frecuentemente se usa como solución extractora en suelos ácidos (Haq y Miller, 1972; Mahler et al. 1985).

Otro método ampliamente utilizado es la solución extractora Carolina del Norte (CN) o reactivo de Mehlich (Nelson et al 1963). No obstante que esta solución extractora no es la más apropiada para extraer cationes en suelos calcáreos, su uso es bien generalizado en diferentes laboratorios latinoamericanos, en donde constituye una solución universal de uso rutinario. Recientemente, López–Hernández et al (1984) utilizaron la solución universal CN con el fin de evaluar el estado nutricional de los suelos correspondientes a haciendas cañeras ubicadas en la región del Valle del Río Yaracuy (Venezuela). Se encontró, que un alto porcentaje de suelos tuvieron baja disponibilidad de micronutrientes y además, se presentó una gran variabilidad en el contenido de micronutrientes, entre y dentro de las diferentes áreas analizadas. La variación observada puede deberse a problemas de variabilidad espacial, así como a una ineficiente extracción asociada al uso de la mezcla de ácidos (reactivo Mehlich).

Aunque para la caña de azúcar no existen límites bien establecidos con respecto a su tolerancia a niveles de micronutrientes, se sabe que ésta es dependiente de la variedad (Samuels, 1969). Recomendaciones de fertilización con micronutrientes realizadas por Samuels (1969) en base a análisis foliares sugieren que la caña de azúcar tiene una amplia tolerancia.

Los objetivos del presente trabajo son: i) comparar la efectividad de dos soluciones extractoras, DTPA (Acido dietilentriamina penta–acético) y CN (Carolina del Norte), para extraer Fe, Mn, Zn y Cu disponibles en suelos del Valle del Río Yaracuy; ii) conocer la variabilidad en la disponibilidad de los cationes arriba señalados en los sitios de estudio y iii) determinar el número mínimo de muestras para obtener un estimado confiable de la media para los cuatro micronutrientes examinados.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron muestras superficiales (0–30 cm) de tres suelos calcáreos y un suelo ácido cultivados con caña de azúcar ubicados en el Valle del Río Yaracuy, Venezuela. Este Valle está comprendido entre los 10° 08' y 10° 40' de longitud Norte y 68° 25' y 68° 53' de latitud Oeste. Las características climáticas, geomorfológicas y edafológicas del área bajo estudio han sido reseñadas anteriormente por Ovalles (1983) y Sequera et al (1984). Corresponde esta área a la unidad conocida como fondo de valle (Ovalles, 1983), son suelos alóctonos, producto del material transportado de las vertientes sin un proceso diagenético más acentuado en la deposición (Sequera et al 1984). En el área predomina un sistema deposicional coluvial sobre un sistema de valle encajado, de llanura fluviomarina

y de explayamiento. Son tierras cálidas (> 25°C promedio anual) localizadas entre 100–200 m de altitud. Se tiene información que las haciendas bajo estudio, antes del muestreo, no habían recibido fertilización con micronutrientes.

En tres de las haciendas se eligieron parcelas de 300 m^2 (20 m x 15 m), tamaño de parcela habitualmente utilizado en los estudios sobre caña de azúcar (Monzón y Viso, 1958), en donde se tomaron 30 muestras al azar. En la otra hacienda. en un área de 1.200 m^2 (60 m x 20 m), seleccionada para hacer un estudio más completo sobre ciclaje de micronutrientes, se tomaron 40 muestras al azar.

Las raíces y restos de plantas fueron retiradas de las muestras de suelo. Las muestras se mezclaron exhaustivamente, se secaron al aire y se pasaron a través de un tamiz de acero inoxidable de 2 mm de apertura. En general, se tomaron todas las precauciones necesarias para evitar la contaminación de las muestras.

En la **tabla 1** aparecen algunas características físicas y químicas de las muestras. El pH fue determinado en una suspensión acuosa 1:5 suelo:agua agitada durante 20 mn, utilizando un electrodo de vidrio (Jackson, 1970). El porcentaje de materia orgánica se determinó mediante el método de digestión húmeda de Walkley y Black, reseñado por Jackson (1970). La textura de los suelos se evaluó mediante el método del hidrómetro (Day, 1965).

EXTRACCION CON DTPA: Solución 0.05 M de ácido dietilentriamina penta–acetico, 0.01 M de $CaCl_2$ y 0.1 M de trietanolamina ajustada a pH 7.3 con HCl. La extracción se realiza agitando durante dos horas 10 g de suelo con 20 ml de solución.

EXTRACCION CON LA SOLUCION CAROLINA DEL NORTE: Solución 0.05 N de HCl y 0.025 N de H_2SO_4 . A 10 g de suelo se le añaden 400 mg de carbón activado y 40 ml de solución y se agitan por cinco minutos.

Las suspensiones en ambas extracciones se filtraron a través de un filtro Whatman 42. Los micronutrientes extraídos se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica utilizando un espectrofotómetro Varian Techtron AA6.

Para calcular el tamaño de muestra a un nivel de precisión determinado se utilizó la fórmula clásica t de Student. Para el tamaño de la muestra tenemos: $N = t^2 \alpha s^2 / p (\bar{x}^2)$, donde N, número de muestras; $t\alpha$, t de Student con $n-1$ grados de libertad y un nivel de probabilidad α, s, desviación estandar; p, nivel de precisión; $\bar{x}$, valor medio de las muestras.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la **tabla 2** se presentan los resultados estadísticos de las determinaciones realizadas con la solución extractora DTPA. El valor promedio de disponibilidad de micronutriente para los cuatro suelos es relativamente alto excepto para el Zn. Las cantidades medias de este último elemento se encuentran muy cercanas al nivel crítico (Lindsay y Norvell, 1978). Mediante la realización de un análisis de varianza, se encontró que existen diferencias significativas en el contenido medio de los cuatro elementos trazas en los sitios muestreados. Como es de esperar, de acuerdo al pH del suelo, el suelo SB (pH 4.6) es el que presenta los mayores niveles de Fe (84.1 μg/g) y Mn (112.4 μg/g), para los otros dos micronutrientes (Zn y Cu) no hay mayores diferencias en los niveles promedios de acuerdo al pH.

Los resultados obtenidos mediante tratamiento estadístico de las determinaciones con CN aparecen en la **tabla 3**. Según los criterios de clasificación de micronutrientes extraídos por la solución CN (López–Hernández et al. 1984), los valores promedios de micronutrientes disponibles en los suelos de las cuatro haciendas se encuentran entre bajo y muy bajo, ex-

TABLA 1. Algunas características físico–químicas de los suelos estudiados.

Suelo	pH (KCl)	pH (H_2O)	%C	Textura
Algarrobo (A)	7,6	8,0	1,7	Franco
Barlovento (B)	7,5	7,8	1,9	Franco arcilloso
Santa Bárbara (SB)	4,6	5,7	1,1	Franco limoso
Santa Fe (SF)	7,4	7,9	1,3	Franco limoso

cepto para el Mn, cuyos resultados señalan una disponibilidad entre mediana y alta. También entre los suelos analizados existen diferencias significativas en el contenido medio de los elementos, sobre todo resaltan los valores mayores en los niveles de Fe y Mn disponible del suelo ácido (SB) sobre los tres suelos calcáreos.

Los niveles de micronutrientes disponibles extraídos por los dos métodos son diferentes y en la mayoría de los casos, los valores obtenidos con DTPA fueron significativamente mayores. También existen diferencias en la variabilidad analítica de las muestras para cada hacienda para los cuatro oligoelementos. En general, los niveles extraídos con DTPA mostraron menor variación que los extraídos con CN.

Las características de dispersión del contenido de Fe, Zn, Cu y Mn (tablas 2 y 3) muestran que en las extracciones realizadas con DTPA (tabla 2) los mayo-

TABLA 2. Resumen estadístico para niveles de micronutrientes (Fe, Zn, Mn y Cu) extraídos con DTPA (ppm).

Elemento	Suelo	Tamaño de Muestra N	media $\bar{X}$	Desviación Estandar S	Coeficiente Variación $(S/\bar{X})$ 100	Intervalo
Hierro	A	30	14,4	2,9	20,3	10,0 – 21,5
	B	30	21,5	6,5	30,2	13,0 – 38,5
	SB	30	84,1	15,3	18,0	41,0 – 108,5
	ST	40	24,6	5,4	22,1	14,0 – 35,3
Zinc	A	30	0,95	0,17	18,0	0,61 – 1,2
	B	30	0,70	0,23	35,0	0,32 – 1,2
	SB	30	0,9	0,17	18,0	0,61 – 1,2
	ST	40	1,06	0,4	36,0	0,54 – 1,7
Cobre	A	30	8,8	1,6	18,7	5,5 – 11,9
	B	30	8,6	1,8	20,0	5,4 – 11,9
	SB	30	3,4	0,3	8,9	2,5 – 3,9
	ST	40	7,0	1,5	21,0	3,9 – 10,7
Manganeso	A	30	16,5	3,6	22,0	12,9 – 33,3
	B	30	20,8	8,6	41,0	9,8 – 46,2
	SB	30	112,4	16,2	14,0	77,3 – 135,9
	ST	40	11,3	2,4	21,0	7,0 – 15,6

TABLA 3. Resumen estadístico para niveles de micronutrientes (Fe, Zn, Mn y Cu) extraídos con Carolina del Norte (ppm).

Elemento	Suelo	Tamaño de Muestra N	media $\bar{X}$	Desviación Estandar S	Coeficiente Variación $(S/\bar{X})$ 100	Intervalo
Hierro	A	30	n.d.	–	–	–
	B	30	n.d.	–	–	–
	SB	30	20,3	4,2	21,0	11,7 – 29,6
	ST	40	2,7	1,9	72,0	0,0 – 7,1
Zinc	A	30	0,2	0,1	50,0	0,0 – 0,3
	B	30	0,3	0,4	133,0	0,04 – 0,5
	SB	30	1,5	0,2	14,0	1,1 – 1,9
	ST	40	2,5	1,2	48,0	0,0 – 3,7
Cobre	A	30	0,2	0,14	70,0	0,0 – 0,5
	B	30	n.d.	–	–	–
	SB	30	0,5	0,2	40,0	0,3 – 1,0
	ST	40	0,8	0,6	75,0	0,0 – 1,6
Manganeso	A	30	1,0	1,3	130,0	0,0 – 4,0
	B	30	6,8	8,8	129,0	0,0 – 24,0
	SB	30	105,0	19,2	18,0	55,7 – 133,6
	ST	40	8,6	4,1	48,0	0,0 – 14,6

res coeficientes de variación los presentan el Zn (de 18% – 36%) y el Mn (14% – 41%). Los menores coeficientes de variación los muestran el Fe (18% – 30%) y el Cu (8,9% – 21%).

En las extracciones con CN (**tabla 3**) los mayores coeficientes de variación estuvieron representados por Mn (18% – 130%) y Zn (14% – 133%). Los menores coeficientes de variación corresponden al Fe con valores entre el 21% – 72% y al Cu con 40% – 75%. Los valores de concentración de Fe para los suelos A y B y de Cu para el suelo B no se pudieron determinar ya que estuvieron por debajo de los límites de detección del método.

En la **tabla 4** y **tabla 5** se encuentran los tamaños de muestra requeridos a un nivel de confianza del 95 por ciento y para diferentes niveles de precisión. En estos resultados resaltan varios aspectos. Primero, existen de acuerdo al sitio, discrepancias en el número de muestras requeridas para un nivel de precisión dado. Estas diferencias, en parte, son producto de los contrastes en los patrones de variabilidad espacial de los micronutrientes investigados, lo cual, bien podría adscribirse a que los sitios de estudio se encuentran ubicados a una distancia considerable entre sí y es bien conocido que la variabilidad espacial en el contenido de micronutrientes ocurre aun a cortas distancias (Khan y Northcliff, 1982; Singh et al. 1985). La combinación diferencial de los factores y procesos formadores de suelo y las prácticas culturales (nivelación, irrigación, etc.) son elementos que inducen mayor o menor variabilidad espacial (Reisenauer et al. 1978). Segundo, para cada uno de los micronutrientes se necesitan diferentes tamaños de muestra para un determinado nivel de precisión (**tablas 4** y **5**). Khan y

TABLA 4. Tamaños de muestras requeridas para representar el Fe, Mn, Zn y Cu extraídos con DTPA. Nivel de confianza del 95% y niveles de precisión del 2,5%, 5%, 10% y 20%.

	Suelo	Hierro	Manganeso	Cinc	Cobre
± 2,5%	A	253	290	222	216
	B	563	1.053	725	257
	SB	206	50	175	50
	ST	300	275	833	275
± 5%	A	64	73	56	55
	B	140	264	182	65
	SB	52	13	45	13
	ST	76	69	209	69
± 10%	A	17	19	15	14
	B	36	67	46	17
	SB	14	4	12	4
	ST	20	18	53	18
± 20%	A	5	5	4	4
	B	10	17	12	5
	SB	4	2	4	2
	ST	6	5	14	5

TABLA 5. Tamaños de muestras requeridas para representar el Fe, Mn, Zn y Cu extraídos con Carolina del Norte. Nivel de confianza del 95% y niveles de precisión del 10% y 20%.

	Suelo	Hierro	Manganeso	Cinc	Cobre
± 10%	A	n.d.	687	78	385
	B	n.d.	645	1.231	n.d.
	SB	17	14	9	44
	ST	202	89	91	204
± 20%	A	n.d.	172	20	97
	B	n.d.	161	309	n.d.
	SB	5	4	3	12
	ST	50	23	24	52

Northcliff (1982) utilizando DTPA encontraron que el número de muestras requeridas para dar buenos estimados de la media son mayores para el Fe y Mn; que para el Cu y Zn. Singh et al (1985) presentan para el Cu y el Mn un tamaño de muestra más alto que el requerido para Fe y Zn en un análisis de agroecosistemas y praderas naturales. Tercero, existe un marcado contraste en el tamaño de muestra obtenido en las extracciones realizadas con DTPA y las efectuadas con la solución CN. Los micronutrientes extraídos con DTPA presentaron una menor variabilidad espacial que los extraídos con CN, excepto para el Zn en el suelo SB. De aquí, que el número de muestras calculadas a partir de la utilización del método del DTPA es menor que cuando se usa CN. Los resultados anteriores sugieren, coincidiendo con lo esperado para la extracción de micronutrientes con sustancias acomplejantes y mezclas de ácidos, que para estos suelos, el análisis con DPTA es más adecuado. Sin embargo, es necesario realizar ensayos de calibración en el campo o invernadero si se quieren obtener resultados más confiables. Hasta donde es conocido por los autores, el ensayo con DTPA si bien ya más generalizado en USA (Haq y Miller, 1972; Lindsay y Norvell, 1978) y algunas regiones latinoamericanas (Heras, 1985) ha sido hasta el momento menos evaluado en países como Venezuela y Brasil, donde las recomendaciones se hacen principalmente en base a soluciones universales tipo Mehlich (Lopes y Cox, 1977; López–Hernández et al. 1984).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados aquí reseñados muestran que la prueba del DTPA es la más adecuada para los suelos estudiados, sin embargo, presenta como menores limitantes para su implementación rutinaria el tiempo de agitación (2 horas) y las dificultades de obtener el reactivo.

La información aquí presentada también indica que conocer el patrón de variabilidad espacial del micronutriente es otro aspecto relevante para el cálculo correcto del número de muestras a tomar. Pero, se presenta una posterior complicación cuando se quieren realizar determinaciones de varios micronutrientes en la misma muestra compuesta, ya que los resultados para cada uno de ellos tendrá un nivel de precisión diferente. Por ejemplo, si queremos calcular el número de muestras para determinar el estatus de Fe en el suelo SB utilizando como solución extractora DTPA tenemos que a niveles de precisión del 5% y 10 por ciento se requieren 52 y 14 muestras respectivamente, pero, para el Mn con los mismos límites, se necesitan 13 y 4 muestras.

Cumplir con los requisitos arriba expuestos puede demandar demasiado tiempo, esfuerzo y dinero. Por consiguiente, al realizar estudios de disponibilidad de micronutrientes utilizando soluciones extractoras, es importante conocer el nivel de subestimación que se produce por causa del número de muestras tomadas en el campo y el método químico elegido. En consecuencia, existe la necesidad de efectuar, antes del muestreo, un balance entre el nivel de precisión deseado y el costo del análisis; lo que a su vez podría estar determinado por las exigencias del cultivo (Khan y Northcliff, 1982).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. E. Medina por la revisión crítica del manuscrito, la contribución prestada por el Ing. Agr. Pedro Elías Sequera en la adquisición del DTPA, al igual que la ayuda técnica del Sr. Francisco Tovar. Agradecemos la colaboración financiera del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) y CENAZUCA.

REFERENCIAS

Cox, F.R. y E.J. Kamprath. 1972. Micronutrients soils test. En: Morvedt, Giordano, y Lindsay, (eds). Micronutrients in agriculture. Soil Sci. Soc. of Amer. 289–317.

Dahiya, I.S.; K.C. Kersebaum y J. Richter. 1984. Spatial variability of some nutrient constituents of an Alfisol from loess. I. Classical statistical analysis. Z. Pflanzenernaehr. Bodenk. 147, 695–703.

Day, P.R. 1.965. Hydrometer methods of particle size analysis. En: Methods of soil analysis. Black, C.A., (ed.) Agronomy, 9: 562–566.

Heras, S.G. de 1985. Micronutrimentos en algunos suelos de la región árida y semiárida Mendocina. Ciencia del suelo 3:23–29.

Haq, A.U. y M.H. Miller. 1. 972. Prediction of available soil Zn, Cu, and Mn using chemical extractants. Agron. J., 64: 779–785.

Jackson, M.L. 1. 970. Análisis químico de los suelos. 2a. Ed. Editorial Omega, Madrid.

Kennedy, A.C. y J.R. Brown. 1. 981. A comparison of three extractants for soil zinc. Soil Sci. Soc. Am. J., 45: 1000–1002.

Khan, M.A. y S. Northcliff. 1. 982. Variability of selected soil micronutrients in a single soil series in Berkshire, England. J. Soil Sci., 33: 763–770.

Leo, M.W. 1. 983. Heterogenity of soil agricultural land in relation to soil sampling. J. Agric. Food Chem., 11: 432-434.

Lindsay, W.L. y W.A. Norvell. 1.978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J., 42: 421–428.

Lopes, A.S. y F.R. Cox. 1977. A survey of the fertility status of surface soil under "Cerrado" vegetation in Brasil. Soil Sci. Soc. Amer. J. 41: 742–747.

Lopez–Hernández, D. 1987. Phosphate adsorption variability within soil series and in diverse soil populations. Soil Sci 144 (6):408-411.

López–Hernández, D.; L. Yanes A. Febres y F. Tovar. 1.984. Aspectos metodológicos y criterios para fertilización en base a los análisis de suelo. En: Sequera, P.E.–D. López Hernández, y E. Medina, eds. La producción de caña de azúcar en el Valle del Río Yaracuy. Edicanpa. Caracas 39–79.

Mahler, R.L.; J.E. Hammel y R.W. Harder. 1. 985. The influence of crop rotation and tillage methods on DTPA extractive copper, iron, manganese, and zinc in Northern Idaho soils. Soil Sci., 139: 279–286.

Monzón, D.E. y A. Viso. 1.958. Determinación del tamaño óptimo de unidad experimental mediante la ley de la varianza de H. Fairfiel Smith. Agronomia Tropical, 8:43–49.

Nelson, W.L.; A. Mehlich y E. Winster. 1.963. The development, evaluation and use of soil tests for phosphorus availability. Agron. J., 4: 153–188.

Ovalles, O. 1.983. Informe técnico sobre aspectos edafológicos, climatológicos y agronómicos de la zona de caña de influencia del Central Río Yaracuy. Mimeografiado. 86p.

Ponnamperuma, F.N.; M.T. Cayton y R.S. Lantin. 1.981. Dilute hydrochloric acid as an extractant for available zinc, copper and boron in rice soils. Plant and Soil., 61: 279–310.

Reisenauer, H.M.; J. Quick; R.E. Voss y A.L. Brown. 1.978. Soil test interpretative guides. En: Reisenauer, (ed) Soil and plant tissue testing in California. Div. of Agricultural Sci. University of California, 1989: 38–40.

Samuels, G. 1.969. Foliar diagnosis for sugarcane. 1a. Ed. Adams Press. Chicago.

Sequera, P.E.; D. López–Hernández y E. Medina. 1.984. Aspectos de geomorfología, suelos y clima de la zona cañera bajo la influencia del central Río Yaracuy. En: La producción de caña de azúcar en el Valle del Río Yaracuy. Edicanpa. Caracas, 33–37.

Singh, J.P.; R.E. Karamanos y R.G. Kachanoski. 1.985. Spatial variation of extractable micronutrients in a cultivated and a native prairie soil. Canad. J. Soil Sci. 65: 149–156.