



ESTACION EXPERIMENTAL "BOLICHE"

Boletín Técnico No. 33

Segundo Samaniego
José Laínez

**COMPARACION DE ALGUNAS SOLUCIONES EXTRACTANTES EN
LA DETERMINACION DE AZUFRE EN SUELOS DEL LITORAL
ECAUTORIANO**

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
I.N.I.A.P
ECUADOR**

COMPARACION DE ALGUNAS SOLUCIONES EXTRACTANTES EN LA DETERMINACION DE AZUFRE EN SUELOS DEL LITORAL ECUATORIANO

Segundo Samaniego*

José Latnez*

I INTRODUCCION

En el país, es necesario disponer de métodos para evaluar debidamente la capacidad que tienen los suelos agrícolas, para suministrar los nutrimentos minerales que requieren las plantas. Únicamente sobre la base de una evaluación se puede hacer una fertilización racional de los cultivos. En nuestro medio, el método más aplicable es el análisis químico de suelos.

Para adoptar un procedimiento en el análisis químico de un elemento en el suelo, primero, se comparan varios de ellos y se selecciona el que presente mejor correlación con el comportamiento de las plantas, de tal manera que, las cifras analíticas altas correspondan a altos rendimientos y viceversa.

En el presente trabajo, se tomaron muestras de algunos suelos agrícolas del Litoral ecuatoriano, en los cuales se analizó el contenido de azufre de los suelos mediante la utilización de cuatro soluciones extractantes. Los resultados obtenidos, se correlacionaron con la materia seca de las plantas que crecieron en invernadero sobre los mismos suelos analizados, y también con el azufre absorbido por dichas plantas.

II REVISION DE LITERATURA

Existen varias soluciones extractantes para evaluar el contenido de azufre en los suelos. Estas incluyen, extracción con agua, soluciones salinas y ácidas, que extraen las siguientes fracciones.

1) azufre soluble en agua, 2) azufre soluble más porciones adsorbidas de sulfato y 3) azufre de las dos fracciones indicadas, más azufre orgánico. De acuerdo con Walsh(6), las soluciones que extraen las tres fracciones indicadas dan resultados que originan las mejores predicciones de las respuestas a las aplicaciones del elemento en ensayos de campo. Al mismo tiempo señala que, las soluciones de sales neutras son las más apropiadas para suelos calcáreos, mientras que, las soluciones ácidas

* Ex. asistente y Jefe de Laboratorio de Suelos de la Estación Experimental "Bolicho" del INIAP, respectivamente.

conteniendo fosfatos parecen más convenientes para suelos ácidos.

Arkely citado por Fritz(1), correlacionó el azufre extraído de trece suelos de California, por diferentes soluciones extractantes, con el crecimiento de plantas indicadoras. Los extractantes probados fueron: cloruro de litio 0.1 Molar; acetato de sodio (solución de Morgan); fosfato biácido de litio y carbonato ácido de sodio (solución de Olsen), y, el más alto coeficiente de correlación obtuvo con la solución de cloruro de litio 0.1 Molar.

Surkla y Cheyi(4), determinaron azufre empleando diferentes soluciones extractantes en 21 suelos de la India. Y encontraron que el fosfato monopotásico (500 ppm de P) extrajo más azufre que la solución de Morgan, la cual a su vez extrajo más que CIM 0.1 N y que agua. También observaron que, el azufre extraído con cualquiera de estas soluciones estuvo correlacionado positivamente con el azufre total y con el orgánico. Solamente la fracción del elemento soluble en agua estuvo correlacionado con el azufre inorgánico.

En un experimento de invernadero realizado por Pedraza y Lora(3) se agregaron varias dosis de azufre a dos suelos deficientes en este elemento, en los llanos orientales de Colombia, y luego se sembraron con pasto raigrás. Las concentraciones de azufre en el pasto a los 45 y 90 días después de la siembra, se correlacionaron en forma altamente significativa con el azufre extraído de los suelos con la solución de Morgan o con la de cloruro de litio 0.1 M.

III MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en 1975 en la Estación Experimental Tropical "Pichilingue", del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), localizado en el Cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos.

Para el trabajo, se tomaron muestras representativas de algunos suelos agrícolas del Litoral, a los que se les preparó debidamente y sobre ellos se cultivaron plantas de girasol en condiciones de invernadero. A los cuarenta días de la siembra, las plantas se cortaron, se secaron y se pesaron; la materia seca y los contenidos de azufre de la misma se correlacionaron con el análisis de azufre de los mismos suelos.

Los suelos estudiados se tomaron de los lugares que se indican en el Cuadro 1.

En cada uno de estos lugares se tomaron muestras superficiales (de 0 a 20 cm) hasta completar alrededor de 200 kg. Las muestras se secaron al aire, se disgregaron y se tamizaron utilizando una criba de 6 mm de diámetro. Del total de cada muestra se separaron 5 kg para el análisis de laboratorio.

1.- Análisis químico de suelos y plantas

La determinación de este elemento en las muestras de suelos comprendió dos fases: extracción del azufre soluble mediante la utilización de 4 soluciones extractantes (cloruro de litio, Morgan, fosfato, mono y bi potásico) y su cuantificación. En plantas se utilizó digestión húmeda con la mezcla

CUADRO 1. Lugares donde se tomaron las muestras de suelos

PROVINCIA	SECTOR	HACIENDA
Esmeraldas	Sto. Domingo - Quinindé	Don Marlon
"	Sto. Domingo - Quinindé	El 200
"	Sto. Domingo - Quinindé	La Florida
"	Sto. Domingo - Quinindé	Los Idilios
"	Sto. Domingo - Quinindé	San José
"	Sto. Domingo - Quinindé	La Balsa
Manabí	El Carmen - La Esperanza	San Antonio
Los Ríos	Ventanas - Echeandía	La Bonita
"	Puebloviejo - San Juan	La Estrella
"	Catarama - Caracoi	El Edén
"	Pichilingue - Higuatonas	Santa Teresa
"	Quevedo - La Maná	San Juan Casjua
Guayas	Guayaquil - Quevedo	Angela María
"	Guayaquil - Quevedo	San Nicolás
"	Manglaralto - Dos Mangas	Don Aurelio
"	Milagro	Granja Exp. Milagro (INERHI)
El Oro	Machala	Beatriz
"	Machala	Mena
"	Macnala	Adolfina

nítrica perclórica, y cuantificación.

Para la extracción con cloruro de litio se pesaron 20 g de cada uno de los suelos en estudio, se colocaron en fioles de 125 ml, se añadió 60 ml de la solución de cloruro de litio 0.1 M, se agitó por 30 minutos y se filtró; luego, se agregó 20 ml de una solución 5:1 nítrica perclórica para su digestión y se llevó a un volumen de 50 ml con agua destilada para obtener la solución "madre".

La extracción con la solución de Morgan se realizó en la misma forma señalada para cloruro de litio empleando en este caso acetato de sodio al 10⁰/o más 5 ml de ácido acético para cada 100 ml de acetato.

Para la extracción con fósforo mono y bi potásico se emplearon soluciones 0.1 M de ambas sustancias.

La cuantificación tanto en el análisis de suelos como de plantas se realizó por el método turbidométrico del cloruro de bario. Más detalles sobre los métodos analíticos se presentan en el Apéndice.

2.- Pruebas de Invernadero

rara asegurar que el rendimiento en materia seca de las plantas varíe únicamente por el efecto del azufre disponible en los suelos, bajo estudio, se adicionó a cada uno de ellos una solución nutritiva conteniendo todos los nutrientes minerales, excepto azufre (Cuadro 2).

CUADRO 2. Composición de la solución nutritiva utilizada en las pruebas de invernadero.

Compuesto químico	Compuesto químico g/l	elemento por l. de soluc. g	elemento por ml. de soluc. mg
NH ₄ NO ₃	71.50	25.0 N	25.0
H ₃ PO ₄	92.90	25.0 P	25.0
KCL	47.70	25.0 K	25.0
MgC ₁₂ .6H ₂ O	125.40	15.0 Mg	15.0
MnC ₁₂ .4H ₂ O	18.01	5.0 Mn	5.0
CuCl ₂ .2H ₂ O	2.68	1.0 Cu	1.0
ZnCl ₂	8.34	4.0 Zn	4.0
H ₃ BO ₃	5.71	1.0 B	1.0
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	2.46	0.2 Mo	0.2

IV RESULTADOS

En el Cuadro 3, se encuentran los promedios de los análisis químicos de azufre en los suelos estudiados; además, se presentan los pesos de materia seca de las plantas cultivadas en invernadero, así como sus contenidos en azufre. En general, la mayor cantidad de azufre se extrajo con la solución de Morgan y la menor con la de cloruro de litio.

En el Cuadro 4, se presentan los coeficientes obtenidos en las dos correlaciones estudiadas (azufre en los suelos vs materia seca de las plantas y azufre en los suelos vs azufre en las plantas). Los coeficientes obtenidos para ambas correlaciones fueron significativos al nivel del 1%, excepto para el caso en que se utilizó fosfato monopotásico en que sólo se encontró correlación significativa al 5%, entre el azufre de los suelos y el absorbido por las plantas.

V DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las diferencias observadas en las cantidades promedias de azufre extraído al emplear cada una de las soluciones extractantes, probablemente se debieron a que las soluciones salinas neutras que

CUADRO 3. Contenidos de azufre en ppm cuando se extrajo con los extractantes probados; pesos de materia seca y azufre de las plantas en las pruebas de invernadero. Pichilingue 1975.

Hacienda	Provincia	Extractantes				Plantas	
		Cloruro de Litio	Solución de Morgan	Fosfato mono Potásico	Fosfato bi Potásico	Materia seca g/maceta	Azufre
Don Matton	Esmeraldas	10.0	17.3	13.0	16.0	6.4	0.17
El 200	"	6.4	9.8	12.0	9.0	4.8	0.09
La Florida	"	9.0	18.0	15.6	14.7	4.5	0.20
San José	Manabí	5.0	16.5	10.0	14.0	5.4	0.18
Los Idilios	"	5.0	12.5	10.7	11.3	4.5	0.11
San Antonio	"	10.0	19.0	16.0	15.3	5.2	0.21
La Balza	"	6.0	12.0	11.0	11.0	4.6	0.12
La Bonita	Los Rfos	10.0	11.3	9.0	11.3	5.8	0.09
La Estrella	"	6.0	10.0	6.3	10.8	4.3	0.08
El Edén	"	9.0	12.5	8.0	11.5	5.1	0.09
Sta. Teresa	"	4.0	10.0	7.0	10.6	4.0	0.07
San Juan Cajuca	"	9.0	13.5	11.0	13.8	7.0	0.16
Angela María	Guayas	7.0	12.9	11.0	13.5	6.2	0.11
San Nicolás	"	4.7	11.3	9.0	12.8	5.6	0.10
Dos Mangas	"	19.5	29.0	22.5	22.5	9.5	0.30
Granja Exp. Milagro	"	12.0	12.0	23.0	11.0	4.6	0.13
Beatriz	El Oro	19.5	28.2	11.0	23.0	10.2	0.33
María Teresa	"	4.0	10.0	9.0	9.0	4.3	0.11
Adolfina	"	4.0	14.0	11.0	11.0	4.7	0.13
Mena	"	5.0	15.0	12.0	12.0	4.8	0.13
PROMEDIOS		8.5	14.8	11.9	13.2		

CUADRO 4. Coeficientes de correlación entre contenido de azufre en el suelo, materia seca de las plantas y el azufre adsorbido. Pichilingue 1975.

Soluciones Extractantes (x)	COEFICIENTES DE CORRELACION	
	Peso seco de plantas (y)	Azufre Adsorbido (y)
Cloruro de Litio	0.85**	0.81**
Solución ácido acético (Morgan)	0.86**	0.97**
Fosfato mono potásico	0.33	0.53*
Fosfato bi potásico	0.90**	0.93**

** Significativo al nivel de 0.01

* Significativo al nivel de 0.05

llevan en su constitución ácidos débiles como el acetato, extraen del suelo mayor cantidad de azufre que aquellas que llevan ácidos fuertes como el clorhídrico(2). El ión cloruro es capaz de liberar del suelo considerables cantidades de hidróxidos de hierro y aluminio, los cuales adsorben sulfatos (2.5). Los sulfatos también son adsorbidos apreciablemente en los suelos calcáreos como los del presente estudio. De acuerdo con Walsh(6), las soluciones ácidas no deben utilizarse para suelos con altos contenidos de calcio, a no ser que dichas soluciones contengan un anión fuertemente reemplazante como el fosfato.

El hecho de haber obtenido correlaciones altamente significativas con todos los métodos de extracción, excepto el fosfato monopotásico, lleva a la conclusión de que cualquiera de los otros probados pueden utilizarse para la extracción de azufre en suelos de características similares a los del presente estudio.

VI RESUMEN

Con el objeto de obtener un método de evaluación confiable y rápido de la disponibilidad de azufre en los suelos agrícolas del Litoral ecuatoriano, se probaron cuatro soluciones extractantes (Morgan, fosfato bipotásico, cloruro de litio y fosfato monopotásico), en el análisis químico del elemento, en algunos de dichos suelos. Los resultados obtenidos con cada una de ellas, se correlacionaron con la materia seca de plantas de girasol cultivadas en el invernadero sobre los suelos del estudio y con los contenidos de azufre de dicha materia seca.

Los coeficientes de correlación que se obtuvieron cuando se extrajo con las soluciones de Morgan, fosfato bipotásico y cloruro de litio, fueron estadísticamente significativas al nivel de 1% para las dos correlaciones señaladas; en cambio, cuando se extrajo con fosfato monopotásico únicamente para la segunda y al nivel del 5%.

En base de estos coeficientes, cualquiera de las soluciones probadas excepto la de fosfato monopotásico, podrían emplearse en el análisis rutinario de azufre en estos suelos.

VII LITERATURA CITADA

- 1.- **FRITZ, A.** Azufre nutriente vegetal en la agricultura de los países cálidos. B-AS-F Ludwigshafen Alemania. Boletín Agrícola IS. 38 p. 1972.
- 2.- **KORKMAN, J.** Sulphur status in finish cultivated soil. Agricultural Chemistry Department, Helsinki University, Finland. Journal of Scientific agricultural Society of Finland (45)2 121-215 pp. 1973.
- 3.- **PEDRAZA, L.A., LORA, R.** Disponibilidad de azufre para las plantas en dos suelos de los llanos orientales de Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá-Colombia. Revista ICA vol. (9) 177-112 pp. 1974.
- 4.- **SURKLA, U.C., GHEYI, A.K.** Sulphur status of Rajasthand soils. Rajasthand College of Agriculture, Udaipur India. Indian Journal of agricultural Sciences, (41) 247-253 pp. 1973.
- 5.- **TISDALE, S.L. y NELSON, W. L.** Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. por Jorge Balash y Carmen Pino. Barcelona, S. B. 721 p. 1970.
6. **WALSH, L. M. and BEATON, J. D.** Eds. Soil testing and plants analysis. Ed. USA, SSSA. 176-181 pp. 1973.

A P E N D I C E

MÉTODOS DE ANÁLISIS DE AZUFRE EN SUELOS Y PLANTAS

1.- ANÁLISIS DE AZUFRE EN LOS SUELOS

1.1. Obtención de los extractos de suelos y cuantificación

Aparatos: Espectro fotómetro Bauch Lomb
Balanza analítica
Agiador mecánico
Bomba para filtrar al vacío
Plancha eléctrica
Frasco lavador de polietileno
Frascos volumétricos
Fioles de 125 ml
Probetas
Papel filtro fino

Reactivos: Solución de cloruro de bario al 10⁰/o
Solución de goma de acacias a 0.25⁰/o. De esta solución tomar 100 ml para mezclar con la solución de cloruro de bario.
Solución concentrada de azufre: 100 un/ml: disolver 0.543 g de sulfato de potasio reactivo analítico (previamente seco a 100° C durante dos horas) en agua destilada, completar a un litro en un frasco volumétrico.

1.1.1. Extracción con la solución de $\text{C} \text{H} \text{i}$ 0.1 M.

Reactivos: Disolver 4.23 g de cloruro de litio tipo reactivo analítico para un litro de agua destilada.
Solución nítica perclórica en una proporción de 5 a 1 respectivamente.

Procedimientos

1. a. Pesar 20 g de suelo, poner en fioles de 125 ml. añadir 60 ml de la solución de cloruro de litio y agitar durante 30 minutos.
1. b. Filtrar la solución resultante
1. c. Llevar a una plancha caliente utilizando para ello 20 ml de la solución nítica perclórica y seguir calentando hasta sequedad.
1. d. Llevar a un volumen de 50 ml con agua destilada.
1. e. Construir una curva estándar utilizando la solución de 100 ppm de azufre, colocar

0-1-3-5-7 ml en cada uno de los frascos volumétricos de 100 ml y llevar a volumen con agua destilada; las soluciones resultantes tendrán una concentración de 0-1.3-5-7 ppm de azufre, respectivamente.

- f. Tomar 5 ml de la muestra y llevar a un volumen de 10 con agua destilada, tomar 10 ml de los patrones y luego colocar 1 ml a muestras. Esperar 5 minutos y leer absorbancia en un fotocolorímetro a una longitud de onda de 450 mu.
- g. Usar papel milimetrado dibujar una curva estándar, de tal manera que la concentración del problema pueda determinarse en el gráfico por intercolocación.

En el eje de las X irán las concentraciones de azufre y en el eje de las Y las lecturas en unidades de absorbancia.

1.1.2. Extracción con la solución de Morgan

Reactivos: Acetato de sodio al 10% más ácido acético: Disolver 100 g de acetato de sodio tipo reactivo en 500 ml de agua destilada y agregar 30 ml de ácido acético glacial y llevar a un volumen de 1 litro.

Procedimientos:

Los procedimientos a seguir son los mismos que en el caso anterior.

1.1.3. Extracción con la solución de $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$ 0.1 M

Reactivos: Disolver 13.6 g de $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$ en agua destilada y llevar a un volumen de 1 litro.

Procedimientos: Los mismos indicados anteriormente.

1.1.4. Extracción con la solución $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$ 0.1 molar

Reactivos: Disolver 17.4 g de $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$ en agua destilada y completar a un litro

Procedimientos: Los mismos ya indicados

Cálculos: ppm de azufre = $\frac{C \cdot Dil}{pm}$

C = Concentración del elemento en la curva
pm = peso de la muestra
Dil = Dilución

2.- ANALISIS DE AZUFRE EN LAS PLANTAS

Aparatos: Balanza analítica
Plancha eléctrica
Pipetas
Frasco lavador polietileno
Frascos volumétricos de 50 ml.
Papel filtro fino
Papel milimetrado

Reactivos: Mezcla digestiva ácido nítrico y perclórico en una proporción 5:1
Solución de cloruro de bario al 10⁰/o sol de goma de acacias al 0.25⁰/o patrones de 0-1-3-5-7 ppm.

Procedimiento:

Pesar 1 g de material seco y molido y añadir 10 ml de la mezcla digestora; colocar en una plancha caliente hasta que la muestra este incolora.

A continuación colocar agua destilada, filtrar en matraces de 50 ml y llevar a volumen con agua destilada, constituyendo ésta la solución madre.

Pipetear 1 ml de la solución madre en tubos de 15 ml. y llevar a un volumen de 11 ml con agua destilada.

Tomar 11 ml de los patrones y poner 1 ml de cloruro de bario tanto a los patrones como a los problemas, esperar 5 minutos y leer en fotocolorímetro a una longitud de onda 450 mu.

Cálculos: % de azufre = $\frac{C \cdot Dil \cdot 100}{pm}$

PRODUCCION:
DEPARTAMENTO DE COMUNICACION DEL INIAP D 32
Casilla 2600 Quito-Ecuador
Mayo, 1979 — SIP-010
Boletín Técnico No. 33
Editor: Lcdo. Gerardo Heredia L.
Impresión: INIAP
CdeA.