

## ESTUDIO DE LA FERTILIDAD DE SUELOS DEDICADOS A POTREROS EN LA ZONA NORTE DE HEREDIA, MEDIANTE LA TECNICA DEL ELEMENTO FALTANTE. 1/\*

Rafael Salas \*\*  
Rolando Pacheco \*\*

### ABSTRACT

**Fertility of grassland soils from north Heredia estimated by the missing element technique.** An attempt was made to characterize the nutritional status of four grassland soils from the slopes of the Poás-Barva volcanic area, using the missing element technique in a greenhouse study.

In general these soils gave the highest response to P, N, Mn, K, Ca, and Cu in descending order and least response to Mg, B, Fe, Mo, S and Zn.

It was found a relationship between climate, parental material and degree of weathering. Thus, the soils from the low altitude were less deficient than those from higher elevation.

Low decomposition rate of organic matter and its stabilization by amorphous materials accounted for N deficiency, although levels of this nutrient were high.

It was concluded that this greenhouse biological method for quickly assessing soil fertility gave an adequate preliminary characterization for the nutritional status.

### INTRODUCCION

Los Andosoles, o Andepts según la taxonomía de suelos, son de gran importancia agrícola en Costa Rica. Sus buenas propiedades químicas, físicas y morfológicas así como sus altos contenidos de materia orgánica y localización los colocan entre los suelos más utilizados en la explotación lechera, renglón de gran importancia en la economía nacional. A pesar de su amplia utilización se cuenta con poca información relacionada con la cantidad de nutrimentos disponibles para las plantas.

El objetivo principal de este estudio fue el de evaluar el estado nutricional de cuatro suelos dedicados a potreros en la zona lechera del norte de Heredia. Para tal fin se empleó la técnica del elemento faltante bajo condiciones de invernadero (10).

### MATERIALES Y METODOS

Los suelos en estudio pertenecen a la serie Heredia (14) y han sido clasificados como Typic Dystrandepts (8,9), se derivan de arenas y cenizas volcánicas del cuaternario (1,14) situadas sobre un basamento de sedimentos del Terciario Superior y aglomerados volcánicos (12).

Se tomaron muestras de cuatro fincas situadas a diferente altitud y localidad a saber: Finca "J.M. Ruiz" en San José de la Montaña con una altitud de 1520 msnm; Finca "San Miguel", en la localidad de San Miguel a una altura de 1620 msnm; Finca "Los Bambinos" ubicada en Paso

1 Recibido para su publicación el 13 de mayo de 1985.

\* Parte de la tesis de grado de Ingeniero Agrónomo, presentada por el primer autor en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica.

\*\* Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

**CUADRO 1.** Descripción de los tratamientos usados en la investigación.

TRATAMIENTO
Completo (Contiene todos los elementos: N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Mn, Fe, Mo, B)
Completo menos nitrógeno
Completo menos potasio
Completo menos calcio
Completo menos fósforo
Completo menos magnesio
Completo menos azufre
Completo menos manganeso
Completo menos cobre
Completo menos cinc
Completo menos boro
Completo menos molibdeno
Completo menos hierro
Testigo

Llano a 2100 msnm, y Finca "Sacramento" localizada en Sacramento a una altura de 2300 msnm.

Las muestras de suelo se tomaron a una profundidad de 0 a 20 cm en terrenos dedicados al pastoreo con topografía y drenaje moderados. Las muestras fueron secadas al aire y homogenizadas, procediéndose luego a realizar la técnica del elemento faltante en macetas con 500 g de suelo. Dicha técnica consistió de 14 tratamientos con tres repeticiones en un diseño irrestrictamente al azar, según los Cuadros 1 y 2. Como planta indicadora se utilizó sorgo (*Sorghum vulgare*) por ser una planta bastante exigente en cuanto a sus requerimientos nutritivos, que crece adecuadamente bajo condiciones de invernadero. Se sembraron 20 semillas por maceta; una vez germinadas se dejaron 10 plantas por tratamiento. La cosecha de la parte aérea se efectuó a las 7 semanas de crecimiento y se obtuvo el peso seco al horno (60 C).

Los análisis químicos de suelo se realizaron en muestras secas y tamizadas a 2 mm y fueron analizadas siguiendo los métodos descritos por Briceno y Pacheco (3), utilizando como solución extractora  $H_2SO_4$  0,1 N para la determinación de fósforo y de manganeso el cual se determinó por oxidación con  $KIO_4$ . El azufre total fue extraído con  $KH_2PO_4$  0,016 M y el calcio, potasio, magnesio, cobre, hierro y cinc, fueron extraídos con  $NH_4OAC$  1,0 N. La textura se determinó por el método de Bouyoucos (2) modificado por Day (4).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se resumen los resultados analíticos de los suelos estudiados. Las fincas están ordenadas de menor a mayor altitud. Se puede apreciar que todos los suelos poseen niveles altos de materia orgánica y niveles medios de nitrógeno total.

El P soluble es en  $H_2SO_4$  0,1 N bajo en todos los suelos; sin embargo estos niveles fueron mayores que los encontrados por Martini (10). Los valores de pH representan un estado ácido y están asociados con altos contenidos de materia orgánica y materiales amorfos. Los niveles para los elementos menores Mn, Cu, Zn y Fe son bajos, no así para los elementos S y B cuyos valores son relativamente altos.

Los niveles de K cambiable son altos y concuerdan con los valores mencionados por Martini (10). Las concentraciones de Ca y Mg son relativamente bajas de allí que las relaciones de cationes bivalentes o monovalentes son también bajas. Estos resultados han sido atribuidos (10) a la mineralogía de las cenizas, las cuales tienden a ser ácidas.

**Cuadro 2.** Dosis y fuentes de nutrimentos para los diferentes tratamientos.

Nutrimento	Dosis		Fuente de Nutrimento
	kg/ha	g/maceta	
N	200	0,05	$KNO_3$ , $Ca(NO_3)_2$
P	500	0,125	$NaH_2PO_4$
K	200	0,05	$KNO_3$
Ca	500	0,125	$Ca(NO_3)_2$ , $CaCl_2 \cdot 2H_2O$
Mg	300	0,075	$MgO$ , $MgSO_4 \cdot 6H_2O$
S	100	0,025	$MgSO_4 \cdot 6H_2O$ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ $MnSO_4 \cdot H_2O$
Cu	10	0,0025	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$
Zn	20	0,005	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$
Mn	40	0,01	$MnSO_4 \cdot H_2O$
Fe	50	0,0125	$FeC_6C_6H_5O_7$
B	10	0,0025	$H_3BO_3$
Mo	10	0,0025	$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot H_2O$

Cuadro 3 Características químicas parciales de los suelos en estudio.

Finca	pH				M.O. N		P	Mn	S	Cu	B	Zn	Fe	Ca	K	Mg	CIC	Relaciones catiónicas							
	H <sub>2</sub> O	KCl	NaF		%		mg kg <sup>-1</sup> suelo										cmol (p <sup>+</sup> ) kg <sup>-1</sup> suelo				Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	Ca <sup>+</sup> /Mg/K	
			2'	60'																					
J.M. Ruiz	6,4	5,4	10,8	11,5	14,74	0,13	21,52	0,32	42,0	0,08	5,0	1,05	0,44	5,20	1,18	7,91	34,05	0,66	6,70	4,41	11,11				
San Miguel	5,4	5,0	10,2	11,6	16,35	0,18	16,79	0,32	15,0	0,03	4,8	1,00	0,35	5,02	0,52	5,25	35,11	0,96	10,10	9,65	19,75				
Los Bambinos	5,6	5,0	11,3	11,7	16,21	0,21	18,89	0,87	25,0	0,05	3,9	0,23	tra- zas	5,50	0,83	4,04	34,89	1,36	4,87	6,63	11,49				
Sacramento	6,0	5,0	11,4	11,8	13,94	0,13	11,61	0,23	21,0	0,02	3,4	0,13	tra- zas	3,38	0,99	2,69	33,20	1,25	2,72	3,41	6,13				

En el Cuadro 4 se resumen los resultados del ensayo de invernadero. Si se compara la producción del tratamiento completo con la del tratamiento sin N se puede observar que la respuesta al N fue considerable en todos los suelos.

La mayor respuesta se observó a mayor altitud, lo cual puede deberse a diferencias por la toposecuencia y a la lenta mineralización de la materia orgánica (7).

Se ha indicado (13) que los Andosoles responden al abonamiento nitrogenado debido a que el N total corresponde mayormente a un N orgánico de difícil mineralización, ya que la materia orgánica está fuertemente fijada o estabilizada por materiales amorfos. La respuesta al P fue superior que al N debido a los bajos niveles de P soluble en los suelos, lo cual coincide con los análisis obtenidos. En general los Andosoles son reconocidos como suelos altamente fijadores de este elemento (5,6) y de allí las grandes respuestas a los fertilizantes fosfatados.

Como se observa, estos suelos son altos en potasio cambiabile, sin embargo se obtuvieron

bajos rendimientos en base seca (Cuadro 4) en el tratamiento correspondiente. En general se ha determinado que estos suelos producen más cuando se adiciona potasio (10) y por consiguiente responden bien al abonamiento potásico.

La respuesta del tratamiento sin adición de Ca fue menor que la del tratamiento sin adición de K, en los suelos de las fincas de J.M. Ruiz y los Bambinos, debido a los altos contenidos de este primer elemento. Lo contrario fue observado en las fincas San Miguel y Sacramento.

La producción del tratamiento sin Mg fue mayor que la del tratamiento sin Ca excepto para la finca San Miguel donde ocurre lo contrario. La respuesta a la aplicación de este elemento aumentó con la elevación.

La respuesta en el tratamiento donde no se aplicó S fue poco significativa en la mayoría de los casos. Las deficiencias de este nutrimento frecuentemente ocurren bajo un uso intensivo y con cultivos perennes (11).

La respuesta a los elementos menores fue escasa, excepto para los elementos Mn y Cu que pre-

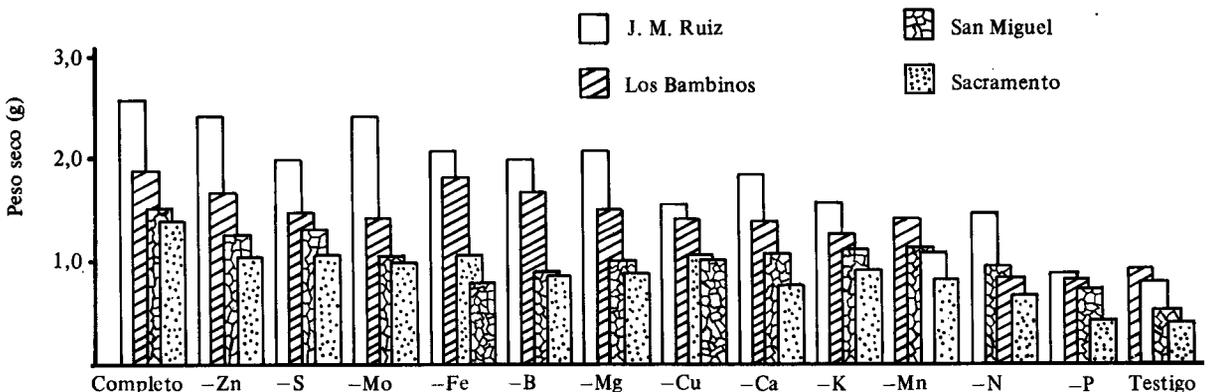


Fig. 1. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de materia seca en las fincas en estudio.

sentan bajos rendimientos en peso seco. En cuanto a la producción del tratamiento completo, esta fue muy variable aunque siempre mayor. Los suelos de menor altitud produjeron más que los suelos de mayor altitud.

En la Figura 1 se resume en forma global los resultados de invernadero por tratamientos para los suelos estudiados.

Al ordenar los tratamientos de menor a mayor rendimiento se obtuvo la siguiente secuencia: -P, -N, -Mn, -K, -Ca, -Cu, -Mg, -B, -Fe, -Mo, -S, -Zn.

En el ordenamiento anterior se puede ver que los suelos son altamente deficientes en P y no existe diferencia significativa (Duncan 5%) entre el tratamiento sin P y el testigo. El N es casi igualmente deficiente debido a la lenta descomposición de la materia orgánica. Sin embargo este tratamiento no presenta mucha diferencia con los tratamientos que no tienen manganeso ni potasio. Así mismo no existen diferencias entre estos dos últimos y los tratamientos donde no se adicionó magnesio, cobre o calcio. De este ordenamiento se deduce que el elemento más deficiente es el fósforo luego le sigue el nitrógeno. El cinc es el elemento que se presenta menos limitante, concordando

Cuadro 4. Efecto de los diferentes tratamientos sobre la producción de forraje peso seco (g/maceta) en los suelos de las fincas estudiadas.

Tratamiento	fincas			
	J.M. Ruiz	San Miguel	Los Bambinos	Sacramento
Completo	2,626 <sup>a*</sup>	1,564 <sup>a</sup>	1,848 <sup>a</sup>	1,406 <sup>a</sup>
-N	1,481 <sup>e</sup>	0,973 <sup>def</sup>	0,867 <sup>e</sup>	0,698 <sup>e</sup>
-P	0,891 <sup>g</sup>	0,764 <sup>g</sup>	0,836 <sup>e</sup>	0,459 <sup>f</sup>
-K	1,589 <sup>e</sup>	1,156 <sup>c</sup>	1,317 <sup>d</sup>	0,967 <sup>bc</sup>
-Ca	1,868 <sup>d</sup>	1,098 <sup>c</sup>	1,428 <sup>cd</sup>	0,797 <sup>de</sup>
-Mg	2,098 <sup>c</sup>	1,027 <sup>cde</sup>	1,510 <sup>bc</sup>	0,906 <sup>cd</sup>
-S	2,037 <sup>cd</sup>	1,346 <sup>b</sup>	1,506 <sup>c</sup>	1,089 <sup>b</sup>
-Fe	2,120 <sup>c</sup>	0,817 <sup>fg</sup>	1,859 <sup>ab</sup>	1,082 <sup>b</sup>
-B	2,024 <sup>cd</sup>	0,915 <sup>efg</sup>	1,709 <sup>ab</sup>	0,897 <sup>cd</sup>
-Mn	1,140 <sup>f</sup>	1,173 <sup>c</sup>	1,476 <sup>cd</sup>	0,859 <sup>cd</sup>
-Mo	2,430 <sup>b</sup>	1,074 <sup>cde</sup>	1,440 <sup>cd</sup>	1,030 <sup>b</sup>
-Cu	1,584 <sup>e</sup>	1,078 <sup>cde</sup>	1,474 <sup>cd</sup>	1,087 <sup>b</sup>
-Zn	2,466 <sup>ab</sup>	1,343 <sup>b</sup>	1,721 <sup>ab</sup>	1,081 <sup>b</sup>
Testigo	0,832 <sup>g</sup>	0,562 <sup>h</sup>	0,935 <sup>e</sup>	0,427 <sup>f</sup>

\* Valores de igual letra en una misma columna son estadísticamente iguales.

estos resultados con los obtenidos por diversos investigadores (6).

Se puede concluir que la técnica del elemento faltante, utilizada como método biológico analítico y rápido logra caracterizar el estado de fertilidad de los suelos.

## RESUMEN

Se realizó un estudio para conocer el estado de fertilidad de cuatro suelos clasificados como Typic Dystrandepts dedicados a potreros en la zona norte de Heredia mediante la técnica del elemento faltante bajo condiciones de invernadero.

Se encontró que los suelos son deficientes en P, N, Mn, K, Ca, Cu y menos deficientes en Mg, B, Fe, Mo, S y Zn. La deficiencia de fósforo está asociada con la presencia de arcillas alofánicas. La deficiencia de Mn, K, Ca y Cu puede tener su explicación en el clima y la composición química y mineralógica de las cenizas volcánicas. Así, los suelos localizados a menor altitud fueron menos deficientes que los de mayor altitud.

La deficiencia en N se debe a que, aún cuando los niveles son altos, la materia orgánica no se descompone eficientemente por estar frecuentemente fijada o estabilizada por los materiales amorfos.

Se puede concluir, que la técnica del elemento faltante utilizada como un método biológico, caracterizó adecuadamente el estado nutricional de los suelos.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, por las facilidades brindadas; así como al Ing. Carlos A. López y al Dr. Alfredo Alvarado por su valiosa colaboración técnica en la realización del trabajo.

## LITERATURA CITADA

1. AID. (Agency for International Development). Mapas climáticos vegetación y geología de suelos de Costa Rica. Resources Inventory Center, Corp. of Engineers, U.S.A. Army, Washington, D.C., 1965.
2. BOUYOCOS, G.J. Recalibration of hidrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal* 43(9): 434-438. 1951.

3. BRICEÑO, J. A. y PACHECO, R. eds. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica, 1984.
4. DAY, R.P. Particle fractionation and particle size analysis. In Black, C.A. *et al.*, eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 545-567.
5. FASSBENDER, H. W. Phosphate retention and its different chemical forms under laboratory conditions for 14 Costa Rican soils. *Agrochimica (Italia)* 12: 512-519. 1968
6. FASSBENDER, H.W., MULLER, L. y BALERDI, F. Estudio del fósforo en suelos de América Central, II Formas y su relación con plantas. *Turrialba* 18(4):333-347. 1968.
7. JENNY, H., GESSEL, S.P. y BRINGHAM, F.T. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Science* 68:419-432. 1949.
8. LOPEZ, C.A. Identificación y clasificación de los minerales de arcilla presentes en nueve suelos de Costa Rica. Tesis Ing. Agr., San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1963. 56 p.
9. LUZURIAGA, C. Propiedades morfológicas, físicas y químicas y clasificación de seis andosoles de Costa Rica. Tesis Mg. Sci., Turrialba, IICA, 1970. 159 p.
10. MARTINI, J. A. Caracterización del estado nutricional de los principales andosoles de Costa Rica, mediante la técnica del elemento faltante en el invernadero. *Turrialba* 20(1): 72-84. 1970
11. MULLER, L. E. Deficiencias de azufre en algunos suelos de Centroamérica. *Turrialba* 15:208-215. 1965
12. MURATA, K. J., DONDOLI, C. y SAENZ, R. The 1963-1965 eruption of Irazú volcano Costa Rica. *Bolletín Volcanologique* 29:765-796. 1966.
13. UNDP/FAO/IICA. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. IICA-CIE, Turrialba, Costa Rica, 1969.
14. VARGAS, V.O. y TORRES, J.A. Estudio preliminar de suelos de la región occidental de la Meseta Central. San José, Ministerio de Agricultura e Industria, 1958. 64 p.