

# Influencia de propiedades de suelos del Pacífico Sur de Costa Rica sobre su contenido de cationes menores: I. Manganeso intercambiable y soluble en reductor<sup>\*1/</sup>\_\_\_\_\_

R A FLORES, E BORNEMISZA, A. ALVARADO\*\*

## ABSTRACT

*The exchangeable and reductant soluble Mn content of 80 samples from 20 sites in the South Pacific area of Costa Rica was studied. From two valleys, that of the Diquis River and of the Coto and Colorado Rivers, ten sites were sampled taking surface and subsurface samples from cultivated and non cultivated plots.*

*The 80 samples were analyzed for pH, organic matter, CEC, fine fraction of the soil (silt + clay) and both Mn categories. The correlations between these properties were also determined.*

*Exchangeable Mn varied from traces to 69 ppm with an average of 13 ppm and reductant extractable Mn varied from 38 to 1831 ppm with an average of 339. For all samples significant negative correlations were detected between exchangeable Mn and pH and soil depth. A positive correlation was detected between the two studied forms of Mn.*

*For the samples from the Diquis Valley the same negative correlations were observed as for all samples and also a significant positive correlation with organic matter was noted. For the Coto and Colorado Valleys positive correlations were noted between reductant soluble Mn and CEC and fine fraction and a negative correlation between Mn and organic matter.*

## Introducción

**E**l Pacífico Sur es una región agrícola de gran importancia en Costa Rica donde el uso de métodos agrícolas intensivos ha llegado a causar problemas de elementos menores en los suelos (6). Se supone también que existen áreas de baja concentración en cationes menores y por lo tanto se decidió tomar muestras de dos de los valles principales de la región y estudiar en muestras de suelo y subsuelo de parcelas cultivadas y no cultivadas el contenido de

cationes menores, además de algunas de las propiedades principales de los suelos que comúnmente influyen sobre elementos menores, para intentar establecer correlaciones entre estas propiedades y los contenidos de cationes menores.

El trabajo se presenta en dos artículos y en esta primera parte se informa sobre los aspectos generales y los contenidos de manganeso intercambiable y extraíble con reductor, dejando para el segundo trabajo las relaciones entre el Cu y Zn y las propiedades de los suelos estudiados.

## Materiales y métodos

### Suelos

Para el estudio se tomaron diez muestras de cada uno de los valles en estudio, escogiendo en cada lugar un suelo cultivado y otro no usado recientemente y

\* Recibido para publicación el 25 de abril de 1979.

1/ Trabajo realizado con el apoyo parcial del CONICIT (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas). Los autores agradecen al Ing. Víctor Quiroga, MS, su ayuda en la evaluación estadística de los resultados.

\*\* Estudiante y profesores, respectivamente, de la Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Ciudad Universitaria, San José, Costa Rica. La dirección actual del primer autor es: United Brands, Inc; Tapachula, México.

Cuadro 1.—Ubicación y descripción general de las muestras de suelo tomadas del Valle del Diquís.

Nº en Fig 1	Nº Muestra	Ubicación	Altura (msnm)	Ecología* (11)	Uso Actual**	Prof. (cm)	Clasificación
1	1	San Marcos	10	Bmh-P	N.C. grama	0-20	Fluventic Trophaquept
1	2	San Marcos	"	"	N.C. grama	20-40	" "
1	3	San Marcos	"	"	C arroz	0-20	" "
1	4	San Marcos	"	"	C. arroz	20-40	" "
2	5	Ojo de Agua	"	"	N.C. grama	0-20	" "
2	6	Ojo de Agua	"	"	N.C. grama	20-40	" "
2	7	Ojo de Agua	"	"	C. arroz	0-20	" "
2	8	Ojo de Agua	"	"	C. arroz	20-40	" "
3	9	Jardín Fca. 2	"	"	N.C. grama	0-20	" "
3	10	Jardín Fca. 2	"	"	N.C. grama	20-40	" "
3	11	Finca 2	"	"	C. banano	0-20	" "
3	12	Finca 2	"	"	C. banano	20-40	" "
4	13	Junta	"	"	N.C. grama	0-20	" "
4	14	Junta	"	"	N.C. grama	20-40	" "
4	15	Finca 4	"	"	C. banano	0-20	" "
4	16	Finca 4	"	"	C. banano	20-40	" "
5	17	Jardín Fca. 13	"	"	N.C. grama	0-20	Typic Uditropept
5	18	Jardín Fca. 13	"	"	N.C. grama	20-40	" "
5	19	Finca 13	"	"	C. banano	0-20	Typic Trophaquept
5	20	Finca 13	"	"	C. banano	20-40	" "
6	21	Jardín Boca T.	5	Bh-I	N.C. grama	0-20	Sulfuric Trophaquept
6	22	Jardín Boca T.	"	"	N.C. grama	20-40	" "
6	23	Boca Terraba	"	"	C. arroz	0-20	" "
6	24	Boca Terraba	"	"	C. arroz	20-40	" "
7	25	Jardín Adelina	8	Bmh-P	N.C. grama	0-20	Fluventic Trophaquept
7	26	Jardín Adelina	"	"	N.C. grama	20-40	" "
7	27	Finca 20	"	"	C. arroz	0-20	" "
7	28	Finca 20	"	"	C. arroz	20-40	" "
8	29	Jardín Fca. 8	"	"	N.C. grama	0-20	" "
8	30	Jardín Fca. 8	"	"	N.C. grama	20-40	" "
8	31	Finca 8	"	"	C. banano	0-20	" "
8	32	Finca 8	"	"	C. banano	20-40	" "
9	33	Jardín Fca. 6	"	"	N.C. grama	0-20	" "
9	34	Jardín Fca. 6	"	"	N.C. grama	20-40	" "
9	35	Finca 6	"	"	C. banano	0-20	" "
9	36	Finca 6	"	"	C. banano	20-40	" "
10	37	Camino Sierpe	"	"	N.C. grama	0-20	" "
10	38	Camino Sierpe	"	"	N.C. grama	20-40	" "
10	39	Finca 12	"	"	C. banano	0-20	" "
10	40	Finca 12	"	"	C. banano	20-40	" "

\* Bmh-P = Bosque muy húmedo premontano transición a basal

Bh-I = Bosque húmedo tropical

\*\* N.C. = No cultivado

C = Cultivado

Cuadro 2—Ubicación y descripción general de las muestras de suelo tomadas del Valle Coto-Colorado.

Nº en Fig 1	Nº Muestra	Ubicación	Altura (msnm)	Ecología* (11)	Uso Actual**	Prof. (cm)	Clasificación
11	41	Fca Naranjo	30	Bh-T	NC bosque	0-20	Fluventic Tropaquept
11	42	Fca Naranjo	"	"	NC bosque	20-40	Fluventic Tropaquept
11	43	Fca Naranjo	"	"	C maíz	0-20	Fluventic Uditropept
11	44	Fca Naranjo	"	"	C maíz	20-40	Fluventic Uditropept
12	45	Fca Caimito	20	"	NC bosque	0-20	Fluventic Tropaquept
12	46	Fca Caimito	"	"	NC bosque	20-40	Fluventic Tropaquept
12	47	Fca Caimito	"	"	C plátano	0-20	Fluventic Tropaquept
12	48	Fca Caimito	"	"	C plátano	20-40	Fluventic Tropaquept
13	49	Jardín Caucho	25	"	NC grama	0-20	Fluventic Tropaquept
13	50	Jardín Caucho	"	"	NC grama	20-40	Fluventic Tropaquept
13	51	Finca Caucho	"	"	C varios	0-20	Fluventic Tropaquept
13	52	Finca Caucho	"	"	C varios	20-40	Fluventic Tropaquept
14	53	La Palma	20	Bmh-P	NC grama	0-20	Typic Dystrandep
14	54	La Palma	"	"	NC grama	20-40	Typic Dystrandep
14	55	La Palma	"	"	C arroz	0-20	Fluventic Lithic Dyst
14	56	La Palma	"	"	C arroz	20-40	Fluventic Lithic Dyst
15	57	La Cuesta	30	"	NC pasto	0-20	Typic Dystrandep
15	58	La Cuesta	"	"	NC pasto	20-40	Typic Dystrandep
15	59	La Cuesta	"	"	C arroz-maíz	0-20	Typic Dystrandep
15	60	La Cuesta	"	"	C arroz-maíz	20-40	Typic Dystrandep
16	61	Canal "B"	6	"	NC pasto	0-20	Fluventic Tropaquept
16	62	Canal "B"	"	"	NC pasto	20-40	Fluventic Tropaquept
16	63	Canal "B"	"	"	C arroz	0-20	Fluventic Tropaquept
16	64	Canal "B"	"	"	C arroz	20-40	Fluventic Tropaquept
17	65	Jardín Fca. 43	8	"	NC grama	0-20	Fluventic Tropaquept
17	66	Jardín Fca. 43	"	"	NC grama	20-40	Fluventic Tropaquept
17	67	Finca 43	"	"	C banano	0-20	Fluventic Tropaquept
17	68	Finca 43	"	"	C banano	20-40	Fluventic Tropaquept
18	69	Jardín Fca 52	"	"	NC grama	0-20	Fluventic Tropaquept
18	70	Jardín Fca 52	"	"	NC grama	20-40	Fluventic Tropaquept
18	71	Finca 52	"	"	C palma af	0-20	Fluventic Tropaquept
18	72	Finca 52	"	"	C palma af.	20-40	Fluventic Tropaquept
19	73	Jardín Fca. 59	"	"	NC grama	0-20	Fluventic Tropaquept
19	74	Jardín Fca. 59	"	"	NC grama	20-40	Fluventic Tropaquept
19	75	Finca 59	"	"	C palma af	0-20	Fluventic Tropaquept
19	76	Finca 59	"	"	C palma af.	20-40	Fluventic Tropaquept
20	77	Jardín Fca 63	"	"	NC grama	0-20	Fluventic Tropaquept
20	78	Jardín Fca 63	"	"	NC grama	20-40	Fluventic Tropaquept
20	79	Finca 63	"	"	C banano	0-20	Fluventic Tropaquept
20	80	Finca 63	"	"	C banano	20-40	Fluventic Tropaquept

\* Bmh-P = Bosque muy húmedo premontano transición a basal

Bh-T = Bosque húmedo tropical

\*\* NC = No cultivado

C = Cultivado

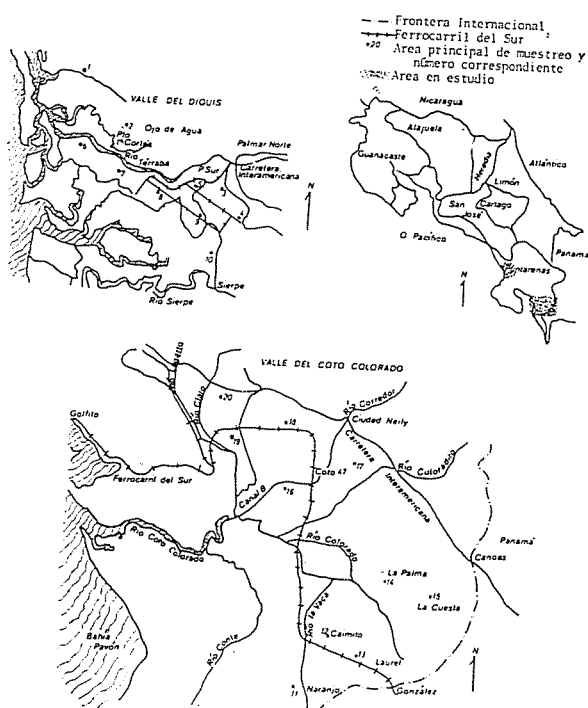


Fig. 1.—Mapa de los Valles del Diquís y Coto-Colorado, que muestra las áreas principales de muestreo y su localización.

separando como muestra individual la capa de suelo arable (0-20 cm) y el subsuelo inmediatamente inferior (20-40 cm). De esta manera se incluyeron 80 muestras en el trabajo que corresponden a los Valles del Diquís y de los ríos Coto y Colorado. Los sitios de toma de muestras se indican en la Fig. 1. El Cuadro 1 da la ubicación y descripción de los suelos del Valle del Diquís y el Cuadro 2 de los de Coto-Colorado. Ambos valles pertenecen al Bosque Húmedo Tropical (11), aunque el Valle del Coto Colorado es más húmedo que el del Diquís.

Los suelos fueron secados al aire y molidos con los cuidados necesarios para muestras en estudio con elementos menores (9).

#### Métodos analíticos

Para la caracterización general se determinó el pH de las muestras, su contenido de materia orgánica de acuerdo con Walkley y Black (12) y su capacidad de intercambio catiónico de acuerdo con Peech (7). Para estimar los componentes texturales se usó el método del hidrómetro según las recomendaciones de Forsythe (3).

La distribución de las partículas en los suelos agrupó en la fracción fina el limo y la arcilla presentes, ya que esta fracción correlaciona con las propiedades de los elementos menores (4).

El Mn cambiante se extrajo con acetato de amonio 1N pH 7 y el manganeso fácilmente reducible con el mismo reactivo agregándole 0,2% de hidroquinona según la recomendación de Sherman *et al* (10).

Los contenidos de Mn fueron determinados por absorción atómica usando un aparato Perlin-Elmer 303.

#### Análisis estadístico

Se efectuaron análisis de correlación entre las variables estudiadas tomando en cuenta la totalidad de las muestras, separando los datos por valles y de acuerdo con el manejo y las profundidades. Se procedió según el programa SAS, utilizando la computadora del Centro de Informática de la Universidad de Costa Rica.

#### Resultados y discusión

##### Manganeso intercambiable

Como se observa en el Cuadro 3 los contenidos de Mn intercambiable en todas las muestras variaron entre trazas y 69 ppm con un promedio de 13 ppm. Este promedio es casi idéntico al de 13,2 ppm obtenido por Fassbender y Roldán (2) para suelos de Centro América. Al correlacionar los contenidos de Mn con las características estudiadas de los suelos, se encontró (Cuadro 4) que existió una correlación significativa y negativa con la profundidad del suelo y con el pH. Se detectó también una correlación altamente significativa con el Mn fácilmente reducible como se observa en la Fig. 2.

La correlación negativa entre Mn intercambiable y el pH del suelo es la consecuencia de la solubilización del elemento a pH-s menores (Fig. 3), fenómeno observado por Fassbender y Roldán (2) para suelos centroamericanos. Se explica la disminución del Mn intercambiable con la profundidad por el aumento del pH a mayores profundidades.

Al considerar solo los datos del Valle del Diquís se observó que el Mn intercambiable varió entre 2 y 38 ppm, con un promedio de 15,6 ppm, valor ligeramente superior a los otros detectados. En este Valle se encontró que el Mn intercambiable correlacionó de manera negativa y altamente significativa con la profundidad y con el pH y positiva y altamente significativa con la materia orgánica (Cuadro 5).

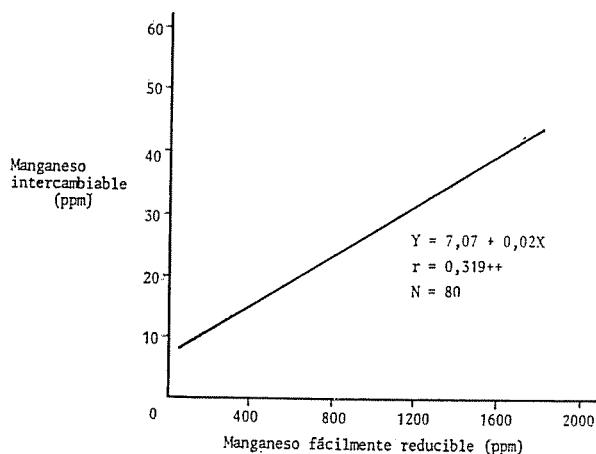


Fig. 2.—Relación entre los niveles de manganeso intercambiable y manganeso fácilmente reducible en el total de muestras de suelo.

Cuadro 3.—Promedios y ámbitos de las características físicas y químicas estudiadas separadas por uso y manejo de los suelos de cada área geográfica.

Valle	n	pH agua			Materia orgánica (%)			CIC mcq/100g			Fracción fina (%)			Manganeso intercambiable (ppm)			Manganeso reducible (ppm)		
		prom	min	max	prom	min	max	prom	min	max	prom	min	max	prom	min	max	prom	min	max
DIQUIS	40																		
NC 0-20	10	6,1	5,6	6,6	3,5	1,6	7,4	36,6	31,6	48,2	70	49,7	93,7	21	6,0	38	344	164	439
NC 20-40	10	6,4	5,7	6,8	2,0	1,1	3,0	35,4	28,8	46,6	70	44,3	96,6	12	2,0	25	320	73	681
C 0-20	10	6,1	5,4	6,6	2,9	1,3	4,6	36,3	29,4	46,5	68	24,9	93,8	18	6,0	35	362	254	448
C 20-40	10	6,2	5,5	6,9	2,1	0,0	3,7	36,5	29,0	48,9	73	51,0	97,7	10	2,0	31	348	108	665
COYO-COLORADO	40																		
NC 0-20	10	6,5	5,8	7,4	6,1	2,0	17,3	39,3	27,5	52,6	67	53,5	87,8	17	0,1	69	326	82	841
NC 20-40	10	6,8	6,2	7,9	4,2	1,1	13,9	40,8	27,1	49,8	64	30,3	89,6	8	1,0	35	285	38	649
C 0-20	10	6,3	5,6	7,0	5,4	2,1	15,6	41,4	22,1	55,8	70	43,8	89,7	10	0,5	53	490	101	1831
C 20-40	10	6,5	6,0	7,3	3,8	1,0	15,8	38,1	18,9	48,8	64	22,8	83,1	8	0,1	29	234	105	429
COTO SUR	12																		
NC 0-20	3	6,4	5,8	6,8	3,6	2,3	5,5	37,4	35,0	39,0	61	53,5	65,8	5	3,0	7	155	133	185
NC 20-40	3	6,6	6,4	6,7	2,2	1,1	4,2	39,9	37,5	43,0	66	58,2	81,1	4	1,0	7	157	150	167
C 0-20	3	6,4	6,2	5,6	5,0	3,6	7,0	42,7	22,1	55,8	70	43,8	84,9	3	1,0	5	164	120	193
C 20-40	3	6,5	6,3	6,7	2,3	1,5	3,9	34,5	18,9	43,7	65	43,1	78,9	4	0,1	6	153	118	171
LA PALMA	8																		
NC 0-20	2	6,0	6,0	6,1	16,1	14,8	17,3	30,6	27,5	33,8	56	55,4	57,1	2	2,0	2	112	82	142
NC 20-40	2	6,2	6,2	6,2	12,8	11,7	13,9	38,4	27,1	49,8	44	30,3	58,9	1	1,0	1	70	38	102
C 0-20	2	5,9	5,6	6,2	11,9	8,2	15,6	31,3	29,9	32,7	49	47,1	51,7	3	0,5	5	128	101	155
C 20-40	2	6,2	6,0	6,4	11,0	6,2	15,6	31,6	30,3	32,9	58	57,7	60,2	4	0,5	7	117	105	129
COTO NORTE	20																		
NC 0-20	5	6,8	6,2	7,4	3,6	2,0	5,9	43,9	36,0	52,6	75	65,4	87,8	30	0,1	69	518	244	841
NC 20-40	5	7,1	6,4	7,9	1,9	1,1	3,8	42,3	35,1	48,7	70	47,5	89,6	14	2,0	35	450	297	649
C 0-20	5	6,4	5,9	7,0	3,0	2,1	4,6	44,7	38,1	50,0	78	62,4	89,7	18	1,0	53	829	344	1831
C 20-40	5	6,6	6,2	7,3	1,7	1,0	2,8	42,8	31,1	48,8	66	22,8	83,1	13	0,1	29	330	212	429

NC = no cultivado

C = cultivado

n = número de muestras

Las dos primeras correlaciones coinciden con lo observado para la totalidad de las muestras y se explican de manera análoga. La correlación positiva con la materia orgánica coincide con la información de Krauskopf (5) quien indica que la materia orgánica puede absorber el Mn iónico y formar compuestos con este ión.

En la región de los ríos Coto y Colorado se encontraron niveles de Mn intercambiable entre trazas y 69 con un promedio de 11 ppm, como se ve en el Cuadro 3.

Un estudio de las correlaciones entre las variables y el Mn intercambiable en esta región indicó que no hay correlaciones significativas para estos datos, debido a la considerable variación de los suelos de esa región.

Aunque no hubo correlaciones significativas se notó que el promedio de Mn intercambiable es ligeramente superior en el suelo que en el subsuelo (Cuadro 3) con 13,5 ppm vs. 8 ppm, en forma similar a lo observado para el Valle de Diquís. Según se observa en el mismo cuadro, la mayor concentración correspondió

Cuadro 4.—Correlaciones (valores r), y grados de significancia, entre las variables estudiadas en el total de muestras de suelo.

	Prof	pH	Mat org	CIC	Frac fina	Mn inter	Mn red
Prof.	1,000 0,000						
pH	0,221 *	1,000 0,000					
Mat org	-0,199 NS	-0,212 *	1,000 0,000				
CIC	-0,046 NS	0,280 NS	-0,148 NS	1,000 0,000			
Frac fina	-0,033 NS	0,015 NS	-0,170 NS	0,436 **	1,000 0,000		
Mn interc.	-0,257 *	-0,269 *	-0,166 NS	0,133 NS	0,032 NS	1,000 0,000	
Mn red	-0,172 NS	0,092 NS	-0,315 **	0,287 **	0,288 **	0,319 **	1,000 0,000

\* = significativo al 5%

\*\* = significativo al 1%

NS = no significativo

a los suelos superficiales no cultivados, con un promedio de 17 ppm

#### Manganeso fácilmente reducible

Las concentraciones de manganeso fácilmente reducible variaron entre 38 y 1831 ppm para las muestras totales con un promedio de 339 ppm como se observa en el Cuadro 3. Esta información coincide con lo que encontraron Fassbender y Roldán (2) para

suelos centroamericanos ya que su promedio era de 353 ppm.

Al observar las correlaciones entre Mn fácilmente reducible y las otras propiedades detectadas se nota significancia negativa para la materia orgánica y positiva para la capacidad de intercambio catiónico, la fracción fina y el Mn intercambiable

La correlación con la materia orgánica se presenta en la Fig 4 con la fracción fina en la Fig 5 y con el Mn intercambiable en la Fig 2.

Cuadro 5.—Correlaciones (valores r), y grados de significancia, entre las variables estudiadas en las muestras de suelos del Valle del Diquís.

	Prof	pH	Mat org	CIC	Frac fina	Mn inter	Mn red.
Prof	1,000 0,000						
pH	0,218 NS	1,000 0,000					
Mat org	-0,419 **	-0,253 NS	1,000 0,000				
CIC	-0,061 NS	0,073 NS	0,307 *	1,000 0,000			
Frac. fina	0,070 NS	-0,309 *	0,389 *	0,145 NS	1,000 0,000		
Mn interc.	-0,449 **	-0,443 **	0,605 **	0,123 NS	-0,020 NS	1,000 0,000	
Mn red.	-0,074 NS	0,134 NS	-0,041 NS	0,180 NS	0,112 NS	0,132 NS	1,000 0,000

\* = significativo al 5%

\*\* = significativo al 1%

NS = no significativo

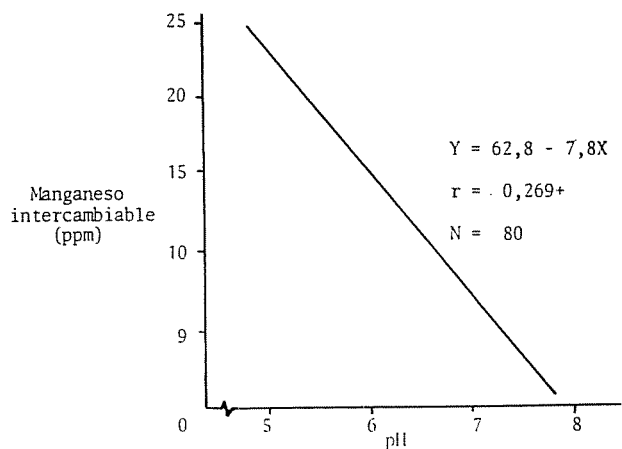


Fig. 3.—Relación entre los niveles de pH y manganeso intercambiable en el total de muestras de suelo.

La correlación con la fracción fina coincide con la información de Fassbender y Roldán (2) para suelos de Centroamérica y Ritchey (8) para suelos de la India.

Debido a que el Mn intercambiable y fácilmente soluble se mantiene en equilibrio dinámico (1) es fácil entender su correlación (Fig. 2).

Al estudiar los datos del Valle de Diquís se observan variaciones entre 73 y 681 ppm con un promedio de 344 ppm, valor similar al promedio de todas las muestras (Cuadro 3). Para este Valle, no se encontró ninguna correlación significativa entre esta propiedad y otras características estudiadas (Cuadro 5).

Un estudio breve de los datos del Cuadro 3 indica que los suelos y subsuelos y los suelos cultivados y no

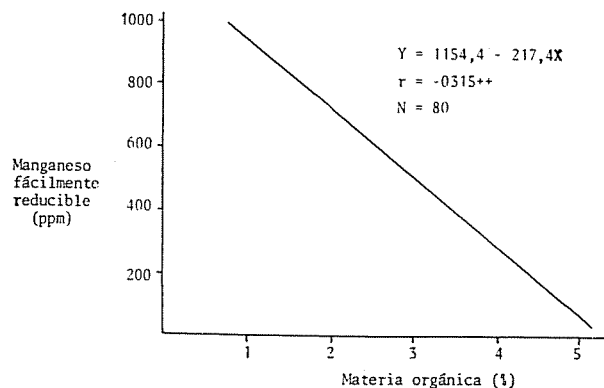


Fig. 4.—Relación entre el porcentaje de materia orgánica y el manganeso fácilmente reducible en el total de muestras de suelo.

cultivados tienen contenidos promedios de Mn fácilmente reducibles similares.

En la región Coto-Colorado el Mn fácilmente reducible varió entre 38 y 1831 ppm con un promedio de 335, similar al promedio total y al promedio del Valle de Diquís (Cuadro 3). El estudio de las correlaciones entre propiedades de los suelos de la región de Coto-Colorado y su contenido de Mn fácilmente reducible es presentado en el Cuadro 6.

Se observó una correlación negativa y significativa con la materia orgánica, otra positiva y significativa con la capacidad de intercambio catiónico y de manera positiva y altamente significativa (0,01) con la fracción fina y el manganeso intercambiable. Estas correlaciones coinciden con las que se detectaron para la totalidad de las muestras y tienen la misma explicación.

Cuadro 6.—Correlaciones (valores r), y grados de significancia, entre las variables estudiadas en las muestras de suelos del Valle del Coto-Colorado.

	Prof.	pH	Mat. org.	CIC	Frac. fina	Mn inter.	Mn red.
Prof.	1,000 0,000						
pH	0,237 NS	1,000 0,000					
Mat. org.	-0,193 NS	-0,018 NS	1,000 0,000				
CIC	-0,054 NS	0,275 NS	-0,357 *	1,000 0,000			
Frac. fina	-0,143 NS	0,384 *	-0,355 *	0,757 **	1,000 0,000		
Mn interc.	-0,161 NS	-0,126 NS	-0,253 NS	0,205 NS	0,034 NS	1,000 0,000	
Mn red.	-0,231 NS	0,103 NS	-0,359 *	0,336 *	0,417 **	0,422 **	1,000 0,000

\* = significativo al 5%

\*\* = significativo al 1%

NS = no significativo

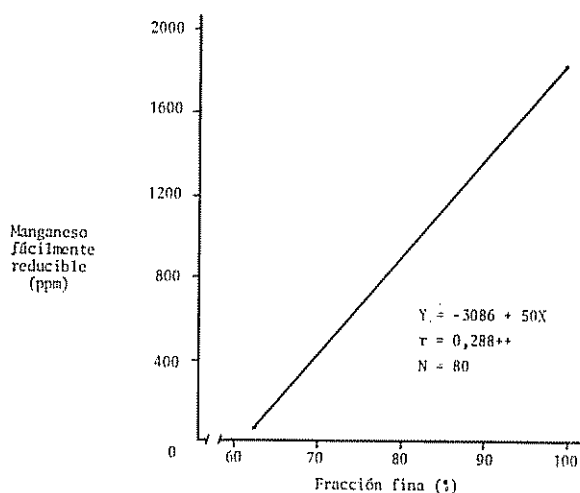


Fig 5 —Relación entre el manganeso fácilmente reducible y el porcentaje de la fracción fina en el total de muestras de suelo.

Al separar los suelos de los subsuelos se encontró menos Mn en los subsuelos (promedio de 260 ppm) que en los suelos (promedio de 409 ppm). Se notó también que el promedio para los suelos no cultivados fue menor (promedio de 307 ppm) que el de los cultivados (promedio de 362 ppm).

#### Resumen

Se estudiaron los contenidos de Mn intercambiable y extraíble con reductor de 80 muestras de 20 sitios del Pacífico Sur de Costa Rica. Se extrajeron muestras de los valles de Diquís y de los ríos Coto y Colorado de la región con 10 sitios en cada valle y en cada sitio muestras superficiales y subsuperficiales y de sitios ahora bajo cultivo o nó.

Para las 80 muestras se hicieron determinaciones de pH, materia orgánica, CIC, fracción fina del suelo (limo + arcilla) y las dos categorías de Mn y se establecieron las correlaciones entre estas propiedades.

Se observaron contenidos entre trazas y 69 ppm para Mn intercambiable y entre 38 y 1831 para Mn extraíble con reductor con promedios de 13 ppm y 339 ppm respectivamente.

Para el Mn intercambiable se detectaron correlaciones significativas negativas con pH, profundidad y positiva con Mn reducible.

Para el valle del Diquís se confirmaron las correlaciones negativas y se observó una correlación altamente significativa con materia orgánica. En el caso

del valle de los ríos Coto y Colorado se observaron correlaciones positivas entre el Mn soluble en reductor y la CIC y fracción fina y en forma negativa con la materia orgánica.

#### Literatura citada

- ADAMS, F. Manganese, Copper and Zinc. In Black, C. A. *et al.* eds. *Methods of Soils Analysis*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy Inc. 1965. v. 2: 1013-1018, 1087-1089, 1098-1099.
- FASSBENDER, H. W. y ROLDAN, J. A. Formas y equilibrios del manganeso en suelos de América Central Turrialba 23(1): 30-36. 1973.
- FORSYTHE, W. Manual de Laboratorio de Física de Suelos San José, C.R., IICA, 1974. 212 p.
- GIDDENS, J., MORRIS, H. D. y PERKINS H. F. Factors affecting organic matter in Georgia soils. Georgia Agricultural Experimental Station, Technical Bulletin N° 10, 1957. 18 p.
- KRAUSKOPF, K. B. Geochemistry of micronutrients. In Mortvedt, J. J. *et al.* eds. *Micronutrients in Agriculture*. Madison, Wisc., Soil Science Society of America, 1972, pp 7-40.
- MANNIX, J. y RODRIGUEZ, R. M. Estudio sobre la toxicidad de cobre acumulativo en los suelos del litoral Pacífico Sur de Costa Rica. 13ª Reunión Anual PCCMCA, 1967. pp 77-80.
- PEECH, M. Determination of exchangeable cations and exchange capacity of soils. *Soil Science* 59: 25-38. 1945.
- RITCHIEY, K. D. A partially annotated bibliography of manganese with special attention to the tropics. Ithaca, N. Y., Cornell University, Agronomy Mimeo 74-76. 1974. 40 p.
- SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos, métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1962. 107 p.
- SHERMAN, G. D., McHARGUE, J. S. y HODGKINS, W. S. Determination of active manganese in soils. *Soil Science* 54: 253-257. 1946.
- TOSI, J. A. Mapa ecológico de Costa Rica. San José, C. R., Centro Científico Tropical, 1969.
- WALKLEY, A. y BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38. 1934.