

## ANÁLISIS DE SUELOS DEL VALLE DEL RÍO NEGRO

### III. ESTUDIO ESTADÍSTICO DE CORRELACION DE ELEMENTOS MENORES CON FACTORES DEL SUELO

#### C. NIVELES DE CINCO EXTRAÍDO Y SUS VARIACIONES CON PROPIEDADES DEL SUELO

Por JULIO CESAR MERODIO <sup>1</sup>

---

**SUMARIO.** — Se procedió a realizar un análisis estadístico de correlación simple, múltiple y parcial, vinculando el contenido de cinc extraído por dos procedimientos con las variables: pH, y los tenores totales del elemento, de carbonatos, de materia orgánica y de arcillas, en suelos de la región del Alto Valle del Río Negro.

Se aplicó la extracción con solución de  $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (pH 4,7) y con solución de HCl 0,1 N (pH 1,0), encontrándose que los valores obtenidos por este último procedimiento son superiores a los hallados con el sistema regulador  $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONH}_4$ .

En una primera etapa del análisis estadístico se calcularon las correlaciones simples del contenido total de cinc y del extraído por los dos procedimientos, con las variables mencionadas, encontrándose solamente relaciones significativas entre el cinc extraído con HCl 0,1 N y el pH y carbonatos de los suelos ( $r = -0,370$  y  $.0,416$ , respectivamente).

Vinculando el cinc extraído por este último procedimiento con el pH y los carbonatos por correlación múltiple y parcial, se encuentra que aquel es solamente función de estas dos variables, si se considera el sistema en forma global ( $R = 0,574$ , significativo al nivel del 1%;  $r$  parciales =  $-0,157$  y  $-0,256$ , respectivamente).

También se ha estudiado estadísticamente la relación existente entre el cinc extraído con HCl 0,1 N y aquellos factores del suelo que son de fundamental importancia en la fijación del catión y los fenómenos de intercambio: carbonatos, materia orgánica y arcillas. Se han obtenido factores de correlación múltiple.

<sup>1</sup> Departamento de Química analítica. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata. República Argentina.

tiplo y parcial significativos que denotan una estrecha vinculación entre los contenidos de cinc extraído y las variables consideradas.

Para las correlaciones estadísticamente significativas se han calculado coeficientes y ecuaciones de regresión, simples y múltiples.

**SUMMARY.** — Analysis of soils from the Valley of Río Negro. III. Statistical study of correlations between minor elements and factors of the soil. C. Levels of extracted zinc and their variations with the properties of the soil, by JULIO CÉSAR MERODIO. — The contents of zinc extracted by means of two different procedures was statistically analyzed in search of simple, multiple and partial correlations with the following variables: pH, total contents of the element, carbonates, organic matter and clay, in soils from the High Valley of the Río Negro area.

Extraction was practiced both with acetic acid-ammonium acetate solution (pH 4,7) and 0,1 N hydrochloric acid (pH 1,0). It has been found that values obtained through the hydrochloric acid extraction are higher than those from the buffer treatment.

At the first step of the statistical analysis, simple correlations between the total contents of zinc and those extracted by each of the two procedures, with the above-mentioned variables, were calculated. Significant correlations were found only between the 0,1 N hydrochloric acid extracted zinc and pH and carbonates in the soils ( $r = -0,370$  and  $0,416$ , respectively).

Correlating, simply and partially, the zinc value obtained for the hydrochloric acid extraction with pH and carbonates, it is found that it is only a function of these two variables, if the system is considered as a whole ( $R = 0,574$ , significant at a 1% level; partial  $r$ 's =  $-0,157$  and  $-0,256$ , respectively).

It has been statistically studied, in addition, the relation between zinc in the 0,1 N hydrochloric acid extract and those factors in the soil which are of the foremost importance in the fixation of the cation and exchange phenomena: carbonates, organic matter and clays. Significant multiple and partial correlation factors have been determined, which point to a close connection between the contents of extracted zinc and the variables under consideration.

## INTRODUCCION

El cinc contenido en los suelos se encuentra bajo tres formas fundamentales: soluble en agua, reemplazable (intercambiable) y no reemplazable. La capacidad de suministro del elemento, esto es, la fracción disponible es independiente de la forma no reemplazable.

Estudios realizados por Hibbard (1) y por Brown (2), revelaron que las sales neutras extraen cantidades pequeñas del elemento, en contraposición con lo que sucede utilizando sistemas ácidos. Hibbard sostuvo que una fracción de cinc extraído con ácidos forma parte del retículo cristalino de los minerales de arcilla y que solamente

el ion hidrógeno, por poseer un radio pequeño, puede penetrar en dicho retículo y reemplazar al cinc.

Según Tucker y Kurtz (3), la extracción de nutrientes con ácidos fuertes no es ni total en igual intervalo de tiempo ni la misma para diferentes concentraciones de ácido, o relaciones suelo : solución. Para muchos elementos la cantidad obtenida por extracción con sistemas ácidos resulta de la suma del contenido soluble en agua, del intercambiable, y de una cantidad que aparentemente es liberada lentamente de la parte interna de las partículas del suelo a medida que se descompone por la acción del extrayente.

En la práctica, la concentración del ácido, el tiempo de contacto y la relación suelo : solución, son compromisos elegidos de la mejor manera, de tal forma que extraigan la mayor cantidad de la fracción asimilable, con un mínimo de interferencias de las formas más insolubles que presumiblemente tienen efecto despreciable en el crecimiento de la planta.

#### SISTEMAS EXTRAYENTES

En 1940 Hibbard (1) extrajo cinc de suelos de California con un sistema constituido por solución de KCl 0,05 N adicionada de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (pH 3,2). Con una relación de suelo : solución 5 : 400 y 4 a 5 horas de agitación, este autor extrajo de 1 a 5 p.p.m. del elemento.

Lyman y Dean (4) estudiando ciertas deficiencias de cinc en plantaciones de ananá en suelos de Hawai, utilizaron como extrayente una solución reguladora de  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONH}_4$  M a pH 4,6. La relación suelo : solución fue de 10 : 200 y el tiempo de agitación 2 horas. Los suelos deficientes fueron caracterizados por contenidos de alrededor de 0,6 p.p.m. del elemento.

Wear y Sommer (5) extraen cinc de suelos de Alabama con solución 0,1 H de HCl, relación suelo : solución, 1 : 10 y 1 hora de agitación. Tucker y Kurtz (3) y Boawn (6) consideran que este sistema es el más adecuado para la extracción del cinc.

Shaw y Dean en 1952 (7) proponen un sistema bifásico constituido por solución de  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  normal neutra en combinación con una solución de ditizona en  $\text{CCl}_4$ , y Nelson y col. (8) introducen el concepto de "alcalinidad titulable" de los suelos, con el objeto de encontrar correlación entre el contenido de cinc extraído con solución de HCl 0,1 N y su fracción asimilable. La "alcalinidad titula-

ble", definida como la concentración de ácido requerida para llevar hasta el valor de 5 el pH del suelo, depende de la capacidad reguladora del mismo y de su pH inicial. Para suelos calcáreos la capacidad reguladora depende de la concentración de  $\text{CaCO}_3$  en tanto que, para los no calcáreos la misma está determinada por los contenidos en minerales de arcilla y de bases de cambio.

Viro (9), Tucker y Kurtz (3), Ravikovich y col. (10) y Steward y Berger (11), trabajaron con sistemas de extracción diferentes, comparando sus resultados. El primero utilizó solución de E.D.T.A. a pH 7 y 9, y de  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  normal neutra. Los segundos extrajeron el elemento por vía de un ensayo biológico utilizando *Aspergillus Niger* y lo compararon con diversos sistemas constituidos por soluciones de ácidos y sales:  $\text{HCl}$  0,1 N;  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ; E.D.T.A., etcétera. Ravikovich y col. (10) emplearon soluciones de sales inorgánicas ( $\text{CaCl}_2$  N;  $\text{KCl}$  N;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  N) y compuestos orgánicos con propiedades complejantes (quelantes) como la sal disódica del ácido etilén diamino di(o-hidróxifenil) acético. Steward y Berger (11) compararon los resultados obtenidos extrayendo al elemento con solución de  $\text{MgCl}_2$  2N, respecto de los encontrados con solución de  $\text{HCl}$  0,1 N y el sistema de dos fases de Shaw y Dean constituido por  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  acuoso - ditizona en solución de  $\text{CCl}_4$ .

#### CORRELACIONES CON PROPIEDADES DEL SUELO.

En términos generales puede afirmarse que el contenido de cinc disponible depende de numerosos factores del suelo, como ser: profundidad de la toma de muestra, textura del suelo, materia orgánica, tipo de arcilla, concentraciones de bases de cambio, contenido total del elemento, de carbonatos, de fosfatos, pH, etc.

Menzel y Jackson (12) encontraron que la fracción asimilable de cinc (y de cobre) disminuye con un aumento de pH de los suelos; la causa fundamental de este fenómeno se debe a procesos de hidrólisis con precipitación del elemento en suelos alcalinos, y a la formación de carbonatos neutros y básicos en los de constitución calcárea (correlación negativa con el contenido en carbonatos).

Wear (13) estableció que la disminución de la absorción de cinc por la planta al encalar un suelo, se debe al aumento de pH producido, y no al incremento de la concentración de calcio.

Jurinak y Thorne (14) trabajando con bentonita alcalizada con solución de  $\text{NaOH}$ , de  $\text{KOH}$  o de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , encontraron que, en

los sistemas con NaOH e KOH la solubilidad del cinc alcanzaba un tenor mínimo a valores de pH de 5,5 a 6,7. En medios con concentraciones de hidrógeno menor, la solubilidad aumentó, lo que se atribuye a la formación de la especie iónica soluble  $\text{HZnO}_2$ . Utilizando  $\text{Ca(OH)}_2$  como alcalizante, la solubilidad mínima se alcanzó a pH 7,6; un incremento ulterior de la alcalinidad, no provocó aumento de la solubilidad del elemento (formación de  $\text{CaZnO}_2$ , insoluble).

Woltz, Toth y Bear (15), encontraron una correlación significativa entre el cinc extraído de suelos de New Jersey mediante el sistema de Shaw y Dean (7), el pH y el contenido total del elemento.

Nair y Mehta (16) estudiando diversos suelos del oeste de la India, lograron establecer una relación entre el cinc extraído con solución de HCl 0,1 N y el pH y el contenido total del elemento en dichos suelos.

Diversos investigadores encontraron correlaciones significativas entre la fracción extraíble de cinc y el contenido total; además de los autores arriba citados (15-16), se pueden nombrar a Thorne y col. (17), que extraen cinc de suelos alcalinos de Utah con el sistema propuesto por Hibbard (1), y a Shiha (18), que lo hace en suelos de Uyeda (Japón).

Epstein y Stout (19) encontraron que los carbonatos reducen el aprovechamiento del cinc, en tanto que Nair y Mehta (16), no observan correlación alguna. Nelson y Boawn (8) relacionaron los contenidos de cinc extraíble con HCl 0,1 N y el disponible (asimilable), en suelos calcáreos, a través del concepto de "alcalinidad titulable" ya mencionado.

Algunos autores investigaron la relación existente entre la fracción extraíble del elemento y los coloides del suelo: Camp (20) lo hace con la materia orgánica y concluye que el contenido de cinc soluble aumenta con el de aquélla; y Randhawa (21), trabajando con suelos de Punjab encuentra una correlación significativa con los tenores de arcilla.

Martens (22) analiza suelos de Virginia, extrayendo al cinc con soluciones de  $\text{MgCl}_2$  2N y de HCl 1 N y 0,1 N. A través de un análisis estadístico de correlación simple, múltiple y parcial, este autor relaciona la fracción extraída con el primer sistema nombrado y las variables pH, materia orgánica y arcillas, no encontrando para los catorce suelos analizados ninguna vinculación significativa.

**OBJETO DEL PRESENTE TRABAJO.**

Este trabajo está dirigido a la evaluación de las relaciones de los contenidos de cinc total y extraído por dos sistemas diferentes, con las variables pH, y los tenores de carbonatos, materia orgánica y arcilla, en algunos suelos del Valle del Río Negro. Se intenta a través de un análisis estadístico con correlaciones simples, múltiples y parciales, investigar posibles influencias de las propiedades analizadas sobre la disponibilidad del elemento.

**PROCEDIMIENTO**

Se analizaron muestras de suelos procedentes de catorce chacras de la zona del Alto Valle del Río Negro, ubicadas en una región que se extiende desde la localidad de Villa Regina hasta la de Cinco Saltos.

Las muestras fueron extraídas de los primeros 30 cm de profundidad de suelo, por personal especializado del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), con el objeto de estudiar una posible relación entre la composición química de los suelos y la enfermedad (decaimiento) que afecta a plantaciones de manzanos y perales cultivados en la zona, y que se traduce en una susceptibilidad especial a las heladas invernales (23).

La preparación de las muestras y las técnicas empleadas en la determinación de pH, y los contenidos de carbonatos y de materia orgánica se describen en un trabajo anterior (23). El tenor de arcilla fue evaluado utilizando el método de la pipeta (24).

Para determinar el contenido de cinc las muestras fueron pulverizadas y pasadas a través de tamiz de malla n° 100 de acero inoxidable; atacadas totalmente con mezcla de HClO<sub>4</sub>-HF en crisol de platino y aplicada la técnica colorimétrica basada en la extracción en CCl<sub>4</sub> del complejo ditizonato de cinc (25). Se utilizó para las lecturas un fotómetro a red de difracción Bausch y Lomb, modelo Spectronic 20.

En las muestras tamizadas a través de malla de 2 mm de abertura, se aplicaron dos sistemas de extracción: solución acuosa de CH<sub>3</sub>COOH + CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH 4,7), con relación suelo : solución de 1 : 40, y solución acuosa de HCl 0,1 N (pH 1,0), relación 1 : 10. En ambos casos las suspensiones se agitaron con un dispositivo vai-

vén a razón de 200 desplazamientos por minuto, durante un hora a temperatura ambiente.

Se analizaron veinte muestras de suelos aplicando el primer sistema y treinta, con solución de HCl 0,1 N.

Las soluciones resultantes de las extracciones practicadas por ambas técnicas, fueron filtradas a través de un filtro Buchner con papel de porosidad intermedia, y llevadas a seco en baño de arena. Se destruyó la materia orgánica por tratamiento con HNO<sub>3</sub> conc. y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 100 % (perhidrol), y el residuo seco fue finalmente disuelto totalmente en solución acuosa de HCl 0,1 N.

Las veinte muestras extraídas con el sistema CH<sub>3</sub>COOH-CH<sub>3</sub>COO-NH<sub>4</sub> fueron analizadas por la técnica colorimétrica ya descripta (25), y los contenidos de cinc extraídos con HCl 0,1 N se evaluaron por absorción atómica con un equipo Jarrell-Ash, modelo 82-251 (atom-sorb) (26).

#### RESULTADOS Y DISCUSION

La tabla I consigna los valores de cinc extraído por los dos procedimientos; se han incluido los datos referentes a pH y los contenidos totales del elemento, de carbonatos, de materia orgánica y de arcilla.

En todas las muestras analizadas, y como es lógico prever, se ha extraído mayor cantidad de cinc con el tratamiento con HCl 0,1 N que con el CH<sub>3</sub>COOH-CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>; la relación alcanza aproximadamente el valor de cuatro, para los promedios de los aludidos tratamientos. Un resultado cualitativamente análogo se ha observado en la extracción de cobre en los mismos suelos, empleando idénticos sistemas extractivos (27).

En una primera etapa del análisis estadístico de correlación (28), se han estudiado las vinculaciones simples del contenido total de cinc con las variables pH, carbonatos, materia orgánica y arcilla; y los tenores del elemento extraído por los dos procedimientos, con aquellos mismos factores y el contenido de cinc total. La tabla II resume los resultados obtenidos. Puede observarse que existen solamente dos correlaciones significativas: la del cinc extraído con HCl 0,1 N con

\* La unidad de este equipo fue donada a la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata por la Fundación F.O.R.G.E. (The Fund for Overseas Research Grants and Educ. Inc.), New York, Estados Unidos de Norteamérica.

TABLA I

Contenidos de cinc total, extraído por dos sistemas diferentes, y valores de pH, carbonatos, materia orgánica y arcilla de treinta suelos del Alto Valle del Rfo Negro.

Suelo Identif. (23)	pH	Carbonatos (CO <sub>3</sub> =) %	Materia Orgánica %	Arcilla %	Cinc p. p. m.		
					Total	Extraído	
						AcH-AcNH <sub>4</sub> 1: 40 1 hora agit.	HCl 0,1 N 1 10 1 hora agit.
11°0 . . . . .	7,7	0,06	2,4	8,4	92	2,5	18,2
11°4 . . . . .	7,1	0,04	2,7	7,6	100	2,0	15,4
22°0 . . . . .	7,5	0,49	3,2	10,5	70	1,8	13,8
22°4 . . . . .	7,8	1,20	2,0	9,1	105	1,6	7,6
25°0 . . . . .	7,5	0,08	3,1	11,3	62	—	17,2
25°4 . . . . .	6,9	0,05	2,5	9,9	71	—	16,7
40°2 . . . . .	6,6	0,02	3,3	9,0	90	2,5	7,4
40°4 . . . . .	6,8	0,04	3,7	5,5	90	2,7	8,0
43a°0 . . . . .	7,8	0,35	1,9	10,0	80	2,1	9,2
43a°2 . . . . .	8,0	0,18	2,2	12,8	70	0,70	9,1
43a°4 . . . . .	8,2	0,22	2,0	13,1	90	1,9	8,4
43c°0 . . . . .	9,0	1,32	2,5	11,4	62	2,8	7,2
43c°4 . . . . .	8,5	0,73	2,8	10,1	70	1,8	7,8
46°0 . . . . .	7,6	0,05	2,6	9,7	162	2,4	9,1
46°4 . . . . .	7,8	0,03	3,0	11,2	150	2,4	8,7
55°0 . . . . .	8,2	1,93	2,4	11,2	100	3,3	3,8
55°2 . . . . .	8,3	1,80	3,5	9,9	100	2,7	5,0
55°4 . . . . .	8,2	1,36	3,3	8,0	80	3,0	6,9
57°0 . . . . .	7,1	0,03	2,5	9,7	75	—	6,6
57°4 . . . . .	7,2	0,02	2,2	10,6	73	—	7,2
58°0 . . . . .	7,3	0,01	2,7	9,2	200	—	18,7
58°4 . . . . .	7,0	0,01	2,2	10,6	96	—	19,5
65°0 . . . . .	8,0	0,08	1,8	5,8	100	2,5	4,2
65°4 . . . . .	7,1	0,06	2,7	6,2	100	3,2	5,7
67°0 . . . . .	7,3	0,18	3,3	6,6	77	—	9,2
67°4 . . . . .	7,2	0,12	3,4	5,2	77	—	6,8
70a°0 . . . . .	7,3	0,42	2,4	7,7	126	—	9,1
70a°4 . . . . .	7,3	0,48	2,9	7,1	160	—	7,6
71a°0 . . . . .	7,5	0,03	3,3	10,0	71	2,3	9,8
71a°4 . . . . .	8,3	0,04	1,9	8,0	62	1,4	6,3

TABLA II

Relaciones estadísticas simples entre los contenidos del cinc total y extraído, con el pH, materia orgánica, carbonatos y arcilla de treinta suelos del Alto Valle del Río Negro.

Variable Independiente X	Variable Dependiente Y	Valores Promedios		Coeficiente de Correlación r	Porcentaje de Variación Estimada (r <sup>2</sup> ) . 100
		X	Y		
pH	Cinc total	7,60	95,3	-0,175	3,06
Carbonatos		0,38		-0,074	0,55
Materia Orgánica		2,68		0,057	0,32
Arcilla		9,1		-0,130	1,69
Cinc total	Cinc extraído con AcH-AcNH <sub>4</sub> (pH 4,7) S/20 muestras	92,2	2,28	0,269	7,24
ph		7,80		-0,100	1,00
Carbonatos		0,50		0,400	16,0
Materia Orgánica		2,66		0,393	15,44
Arcilla	9,4	9,4	-0,358	12,82	
Cinc total	Cinc extraído con HCl 0,1 N (pH 1,0) S/30 muestras	95,3	9,67	0,130	1,69
pH		7,60		-0,370 <sup>1</sup>	13,69
Carbonatos		0,38		-0,416 <sup>1</sup>	17,30
Materia Orgánica		2,68		0,056	0,31
Arcilla	9,1	9,1	0,187	3,50	

<sup>1</sup> Significativo al nivel del 5 % de probabilidad

los valores de pH y de carbonatos ( $r = -0,370$  y  $-0,416$ , respectivamente). El signo de los respectivos coeficientes muestra que un aumento de aquellos (pH y carbonatos), produce una disminución en la fracción de cinc extraíble; además puede deducirse, en primera instancia, que una porción importante del elemento contenido en estos suelos está bajo la forma de compuestos inorgánicos insolubles, tales como hidróxido, carbonato y carbonato básico (teoría de Menzel y Jackson) (12). Conclusiones análogas se han obtenido en el estudio realizado con el cobre, ya aludido (27).

Este análisis de correlación simple también sugiere —a través de los valores bajos no significativos, de los respectivos coeficientes de correlación— que la materia orgánica y las arcillas no son fuentes importantes de aporte de cinc, ya sea de su contenido total como

TABLA III

Relaciones estadísticas múltiples y parciales entre el cinc extraído con solución de HCl 0,1 N y propiedades de treinta suelos del Alto Valle del Río Negro

Variables Independientes			Variable Dependiente Y	Coeficientes de Correlación					Múltip. R
X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>		Parcial					
				r <sub>y 1/2</sub>	r <sub>y 2/1</sub>	r <sub>y 1/23</sub>	r <sub>y 2/13</sub>	r <sub>y 3/12</sub>	
pH	CO <sub>2</sub> =		Cinc extraído	-0,157	-0,256				0,574
Zn total	pH	CO <sub>2</sub> =	Cinc extraído			0,125	-0,142	-0,273	0,430
CO <sub>2</sub> =	M. O.	Arcilla	Cinc extraído			-0,480 <sup>1</sup>	0,391 <sup>2</sup>	0,308 <sup>2</sup>	0,510 <sup>*</sup>

<sup>1</sup> Significativo al nivel del 1 % de probabilidad

<sup>2</sup> Significativo al nivel del 5 % de probabilidad

κ

TABLA IV

Valores de los coeficientes y ecuaciones de regresión simples y múltiples, obtenidos para el cinc extraído con HCl 0,1 N en función de propiedades de treinta suelos del Alto Valle del Río Negro.

Variables Independientes			Variable Dependiente Y	Coeficientes de Regresión			Ecuación de Regresión
X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>		b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	
pH			Cinc extraído	-2,855			Y = 31,368 - 2,855X
CO <sub>2</sub> =			Cinc extraído	-3,302			Y = 10,925 - 3,302X
pH	CO <sub>2</sub> =		Cinc extraído	-1,335	-2,467		Y = 20,753 - 1,335.X <sub>1</sub> - 2,467.X <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub> =	M. O.	Arcilla	Cinc extraído	-3,881	1,043	0,663	Y = 2,317 - 3,881.X <sub>1</sub> + 1,043.X <sub>2</sub> + 0,663X <sub>3</sub>

del extraído. Tampoco se ha verificado relación alguna entre estas dos últimas variables (cinc total y extraído).

En los casos encontrados de correlación significativa, se ha practicado el cálculo de regresión lineal (28), obteniéndose ecuaciones que ligan las variables estudiadas. Los gráficos I y II muestran los diagramas correspondientes, habiéndose incluido los coeficientes y las líneas y ecuaciones de regresión.

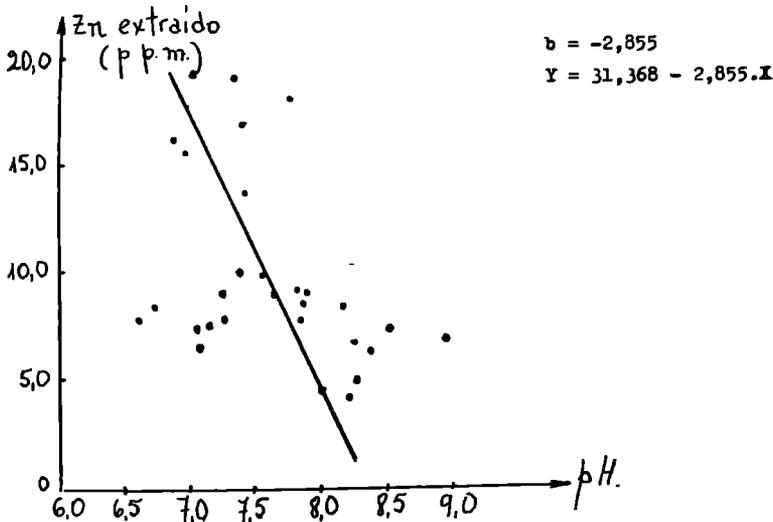


Gráfico I. — Diagrama de dependencia de cinc extraído con HCl 0,1 N, y los valores de pH de los suelos analizados

Con el fin de profundizar más en el estudio de las relaciones se ha aplicado el análisis de correlación múltiple y parcial a los contenidos de cinc extraído con HCl 0,1 N y las variables pH, carbonatos, cinc total, materia orgánica y arcillas.

La tabla III muestra los resultados obtenidos. Primeramente se ha relacionado el cinc extraído con el pH y carbonatos, obteniéndose un coeficiente de correlación múltiple significativo al nivel del 1 % de probabilidad ( $R = 0,570$ ). El hecho de que los respectivos coeficientes de correlación parcial no sean significativos, muestra que el cinc extraído está relacionado en forma global, como un todo, con las dos variables mencionadas.

La vinculación del cinc extraído con el pH y los contenidos totales del elemento y de carbonatos dio como resultado coeficientes de correlación múltiple y parcial no significativos. La incorporá-

ción de una nueva variable (cinc total), trajo como consecuencia una disminución de la relación existente entre el cinc extraído y el pH y carbonatos.

Un último análisis, en el que se han considerado los factores del suelo que juegan un papel principalísimo en la fijación de los elementos y en los procesos de intercambio, como los carbonatos, la materia orgánica y las arcillas, muestra una correlación múltiple

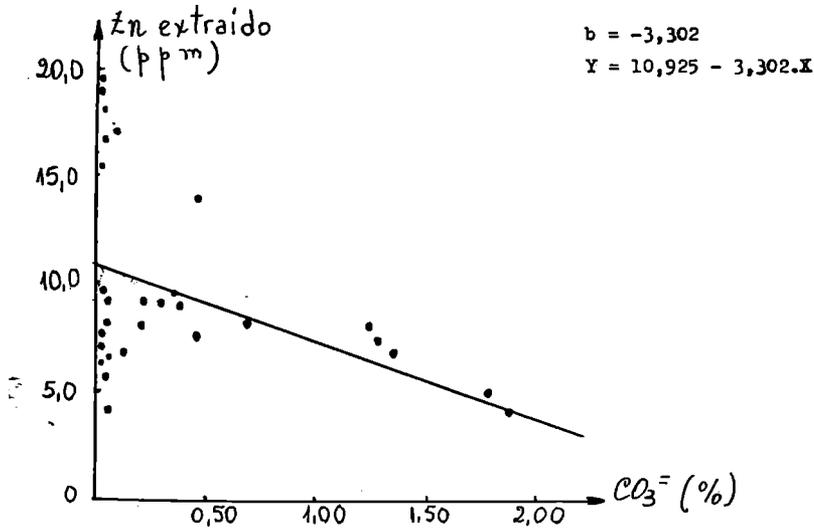


Gráfico II. — Diagrama de dependencia del cinc extraído con HCl 0,1 N y los contenidos de carbonatos de los suelos analizados

significativa al nivel del 5 % ( $R = 0,510$ ). Los valores obtenidos de los respectivos coeficientes de correlación parcial, indican también una relación significativa. Efectuando un análisis comparativo de los resultados obtenidos por correlación parcial y simple, surge el hecho de que, cuando se vincula el cinc extraído con la materia orgánica o con las arcillas, ignorando la influencia de las demás variables (caso de correlación simple), no se encuentra una relación significativa; en tanto que vinculadas a través de un análisis de correlación múltiple y parcial, surgen correlaciones cuyos valores muestran una estrecha relación.

La tabla IV consigna los valores de los coeficientes de regresión y las ecuaciones respectivas, que ligan las variables estudiadas en forma simple y múltiple.

*Agradecimiento.* — El autor agradece a la Fundación F. O. R. G. E. de los Estados Unidos de Norteamérica, la donación de la unidad básica del equipo de absorción atómica.

## BIBLIOGRAFIA

1. HIBBARD, L. *Soil Sci.*, 49, 63 (1940).
2. BROWN, H. *Soil Sci.*, 69, 349 (1950).
3. TUCKER, T. C. y KURTZ, L. T. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 19, 477 (1955).
4. LYMAN, C. y DEAN, L. A. *Soil Sci.*, 54, 315 (1942).
5. WEAR, J. I. y SOMMER, A. L. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 12, 143 (1948).
6. BOAWN, L. *Soil Sci.*, 83, 219 (1957).
7. SHAW, E. y DEAN, L. A. *Soil Sci.* 73, 341 (1952).
8. NELSON, J. BOAWN, L. y VIETZ, F. *Soil Sci.*, 88, 275 (1959).
9. VIRO, P. J. *Soil Sci.*, 79, 459 (1955).
10. RAVIKOVICH, S., MARGOLIN, M. y NAVROT, J. *Soil Sci.*, 105, 57 (1968).
11. STEWARD, J. A. y BERGER, K. C. *Soil Sci.*, 100, 244 (1965).
12. MENZEL, R. G. y JACKSON, M. L. *Trans. Intern. Congr. Soil Sci.*, 4 th Congr. Amsterdam, 125 (1950).
13. WEAR, J. I. *Soil Sci.*, 81, 311 (1956).
14. JURINAK, J. J. y TORNE, D. W. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 19, 446 (1955).
15. WOLTZ, S., TOTH, S. J. y BEAR, F. E. *Soil Sci.*, 76, 115 (1953).
16. NAIR, G. G. y MEHTA, B. V. *Soil Sci.*, 87, 155 (1959).
17. THORNE, D. W., LAWS, W. D. y WALLACE, A. *Soil Sci.*, 54, 463 (1942).
18. SHIHA, K. J. *Sci. Soil Manure, Japan* 22, 123 (1951) (16).
19. EPSTEIN, E. y STOUT, P. R. *Soil Sci.*, 72, 47 (1951).
20. CAMP, A. F. *Soil Sci.*, 60, 157 (1945).
21. RANDHAMA, N. S. *Soil Sci.*, 98, 403 (1964).
22. MARTENS, D. C. *Soil Sci.*, 106, 23 (1968).
23. MERODIO, J. C. y CATOGGIO, J. A. *Revista Facultad de Agronomía, La Plata*, (3ª época) XLIV, 53 (1968).
24. KRUMBHIN, W. C. y PETTIJOHN, F. J. *Manual of Sedimentary Petrography* Appleton-Century Crafts, Inc. New York (1938).
25. MERODIO, J. C. y CATOGGIO, J. A. *Revista Facultad de Agronomía, La Plata*. XLIII, 3ª época ; 2ª entrega, 107 (1967).
26. ALLAN, J. E. *Analyst*, 86, 530 (1961).
27. MERODIO, J. C. *Análisis de suelos del Valle del Río Negro. III. Estudio estadístico de correlación de elementos menores con factores del suelo. B) Niveles de cobre extraído y sus variaciones con propiedades del suelo.*
28. CROW, E. L., DAVIS, F. A. y MAXFIELD, M. W. *Statistics Manual*. Dover Publications, Inc. New York (1960).