

ESTUDIO DE LA ADSORCION DE Cu y Zn EN  
ANDOSOLS DE LAS ISLAS CANARIAS. II

por

A. BORGES PEREZ, I. TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO, J. A. PEREZ MENDEZ  
y F. GUTIERREZ JEREZ



PUBLICADO EN  
ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA  
TOMO XXXIX, NÚMS. 5-6 — MADRID, 1980

# ESTUDIO DE LA ADSORCIÓN DE Cu y Zn EN ANDOSOLS DE LAS ISLAS CANARIAS. II

por

A. BORGES PEREZ, I. TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO, J. A. PEREZ MENDEZ  
y F. GUTIERREZ JEREZ

## SUMMARY

### «STUDY OF THE ADSORPTION OF CU AND ZN IN ANDOSOILS OF THE CANARY ISLANDS. II»

A comparative study of the curves of adsorption of Cu and Zn (surface horizons) was carried out on 13 andosol profiles of the Canary Islands. The adsorption of Cu and Zn, as a function of the depth of the profile, was studied; the maximum capacity of adsorption of each horizon being calculated in two ways: one by blocking previously with KCl IN, and the other without using the KCl IN solution. The different factors which could affect these adsorptions were also studied.

It was found that the shape of the curves, and the values of maximum adsorption were very similar within each of the different groups of andosols in the study. When the different groups of andosols are compared great differences appear, especially in the younger soils (vitrandepts) as against the rest of the groups, there being observed, in general, a decreased in the maximum values of adsorption, on passing from the younger to the older soils.

We found that, in general, the adsorption of Cu and Zn decreases with the depth of the profile. The values of adsorption of Cu and Zn are always higher in the case of the samples not treated with KCl IN.

We found from the statistical study, carried out on relating the adsorption of Cu and Zn with other properties of the soil (% total carbon, % humic acids, % clays, % amorphous oxides of the Fe and Al, and the total capacity of exchange) that:

The organic material conditions, to a certain degree, the adsorption of Cu and Zn.

The lack of correlation between the % of clay and the adsorption of Cu and Zn, indicates to us the heterogeneity in the composition of this fraction.

The significant correlations between the total capacity of cationic exchange, and the values of adsorption of Cu and Zn indicate a possible cationic exchange by means of which the Cu and Zn is retained in some positions of exchange corresponding to the measurements for the capacity of cationic exchange.

A significant correlation was found on relating the values of the adsorption of Cu and Zn, which suggests to us the existence of some analogous mechanisms of adsorption for both cations, although acting more intensely on the Cu.

## INTRODUCCIÓN

Los micronutrientes catiónicos Cu y Zn participan en reacciones de cambio, siendo, por lo tanto, retenidos cerca de las superficies cargadas negativamente por atracciones electrostáticas.

Además de los mecanismos de cambio catiónico, algunos micronutrientes participan también en procesos específicos de adsorción a través de enlaces covalentes con ciertos grupos funcionales de las superficies de las arcillas. El enlace covalente incluiría todos los tipos de

enlace formados por compartimiento de electrones entre dos átomos. Así, el Cu unido a un oxígeno de un  $\text{OH}^-$  por compartimiento de electrones podría ser un ejemplo de un enlace covalente (Ellis y Knezek, 1972).

Bower y Truog (1941) sugirieron originalmente que la hidrólisis es un factor en las reacciones que producen el enlace de los iones metálicos con las arcillas.

Aunque la precipitación de los micronutrientes en el sistema suelo no es considerada un mecanismo de absorción, ha presentado dificultades en los estudios de adsorción, puesto que la mayor parte de los micronutrientes forman hidróxidos relativamente insolubles. Por eso, los estudios en niveles de pH neutros o ligeramente alcalinos puede esperarse que implique reacciones de precipitación, a pesar del cuidado tenido para mantener los niveles de micronutrientes en solución por debajo de la actividad a la que aparece la precipitación (Binghan y col., 1964; Misra y Tiwari, 1966).

La formación de complejos orgánicos con metales a través de quelación es un importante mecanismo de enlace en los suelos (De Mumbrum y Jackson, 1956a; Hodgson, 1963; Mortenson, 1963; Schnitzer, 1969).

En un trabajo anterior (Trujillo Jacinto del Castillo y col., 1979, I) hacemos un estudio de adsorción de Cu y Zn por horizontes superficiales de suelos vírgenes desarrollados bajo distintos tipos de vegetación, relacionando esta adsorción con la materia orgánica.

En el presente trabajo realizamos un estudio comparativo de las curvas de adsorción de Cu y Zn (horizontes superficiales), obtenidas de diferentes andosoles de las Islas Canarias. Se estudia la adsorción de Cu y Zn en función de la profundidad del perfil, calculándose la capacidad máxima de adsorción de cada horizonte de dos maneras: una de ellas, siguiendo la técnica de Pratt y col. (1964), bloqueando previamente con KCl 1N, y otra, sin utilizar la solución de KCl. Se estudian, asimismo, los distintos factores que podrían afectar dichas adsorciones.

#### MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron trece perfiles de andosoles, clasificados con anterioridad (Tesis Doctoral, Universidad de la Laguna, 1974), en la siguiente forma:

Vitrands, perfiles: Chio, Chinyero y Zabagu.

Vitrands Evolucionados, perfiles: Izaña y Portillo.

Dystrands, perfiles: Aguamansa I, Aguamansa II, Aguamansa III.

Integrados Andosol Tierra Parda Oligotrófica, perfiles: Aceviños, Tamarganche, Manantiales, Las Lajas y Pico del Inglés.

Las curvas de adsorción de Cu y Zn fueron obtenidas siguiendo la técnica de Pratt y col. (1964), que consiste en añadir los micronutrientes en soluciones de KCl 1N después de que las muestras han sido tratadas previamente hasta saturación con la misma solución de KCl 1N, con el propósito de bloquear las posiciones inorgánicas de cambio, para que la adsorción del micronutriente se realice fundamentalmente sobre la fracción orgánica.

La capacidad máxima de adsorción se calculó añadiendo a cada muestra de suelo 600  $\mu$  moles/g. de Cu (o Zn) (cantidad obtenida de las cur-

vas de adsorción y correspondiente a la cantidad de catión añadido con la que se ha alcanzado la saturación), primero en solución KCl 1N y luego en agua.

Para cada muestra, la cantidad de Cu o Zn adsorbido por el suelo se calcula de la diferencia entre la cantidad de elemento añadido menos la cantidad de elemento en solución (Pratt y col., 1964).

La determinación de Cu y Zn se realizó por absorción atómica (Perkin Elmer 300).

En la tabla 1 se indican los valores de: pH del suelo en agua (pH (H<sub>2</sub>O)), la capacidad de intercambio catiónico (C.T.C.), porcentaje de carbono total (% C<sub>T</sub>), porcentaje de ácidos húmicos (% A.H.), porcentaje de arcilla (% arc.), porcentajes de óxidos amorfos de Fe y Al (% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,

TABLA 1

Muestra	Hor.	pH (H <sub>2</sub> O)	meq/ 100 g.		%			
			C.T.C.	C <sub>T</sub>	A.H.	Arc.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Pico del Inglés	A <sub>11</sub>	4,7	52,7	11,1	2,54	30,3	4,71	12,61
	A <sub>12</sub>	4,7	35,8	3,8	0,51	52,5	3,46	12,73
	(B) <sub>1</sub>	4,7	31,1	2,0	0,20	58,2	2,78	13,88
	(B) <sub>2</sub>	4,0	29,3	1,3	0,05	59,2	2,70	13,75
Aceviños	A <sub>0</sub>	5,9	78,6	15,1	4,47	24,3	3,59	9,35
	A <sub>1</sub>	5,2	60,5	13,1	2,54	42,0	4,87	11,04
	(B) <sub>2</sub>	5,2	28,5	1,9	0,13	66,7	1,84	9,64
Tamar- ganche	A	5,6	72,7	15,2	3,61	9,0	6,53	8,79
	(B) <sub>2</sub>	5,7	50,3	2,8	0,36	33,3	4,79	9,79
	(B)/C	5,5	48,1	2,6	0,25	55,0	4,94	11,80
Manantiales	A	5,6	55,7	9,4	3,02	37,4	6,40	15,30
	(B)	5,5	48,9	6,3	1,28	54,7	6,88	16,40
	(B)/C	5,4	31,9	3,1	0,34	68,9	6,22	17,70
Las Lajas	A <sub>11</sub>	5,4	55,8	10,3	1,04	41,9	4,28	9,38
	A <sub>12</sub>	4,8	48,1	7,5	1,22	41,1	4,70	9,37
	(B)	5,2	35,0	3,7	0,64	57,5	3,31	8,82
	(B)/B <sub>1</sub>	5,3	35,9	2,8	0,30	73,8	2,90	7,55
	B <sub>1</sub> /C	5,5	32,8	2,2	0,10	76,0	4,16	7,47
Izaña	A	4,9	58,2	15,8	6,35	10,0	3,14	3,44
	(B)	5,1	33,1	3,3	0,12	32,2	4,24	4,24
	(B)/C	5,5	25,3	1,0	—	32,4	2,39	2,39
Portillo	A <sub>0</sub>	5,5	29,3	5,6	—	16,0	6,12	4,30
	A <sub>1</sub>	5,1	34,0	4,2	1,14	17,6	7,35	5,75
	(B)	5,4	33,3	4,9	0,57	20,7	7,35	5,31
Chinyero	A	6,7	51,3	12,3	2,96	10,6	4,06	3,57
	(B)/C	7,4	33,0	1,6	0,10	14,6	4,42	6,58

Continuación tabla 1

Muestra	Hor.	pH (H <sub>2</sub> O)	meq/ 100 g.			%		
			C.T.C.	C <sub>T</sub>	A.H.	Arc.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Chio	A	6,4	52,7	17,0	1,73	16,2	3,63	2,81
	(B)/C	7,0	28,6	2,2	0,08	20,4	5,45	6,24
Zabagu	A	6,8	35,8	6,0	1,36	18,7	12,65	8,04
	(B)	6,9	35,6	3,5	0,46	14,0	7,39	8,27
	(B)/C	7,0	28,3	1,0	0,08	7,0	6,91	8,41
Aguaman- sa I	A	6,1	59,9	10,0	0,62	25,9	11,96	6,80
	(B)	6,5	49,0	1,7	0,37	32,4	12,17	14,74
	(B)/C	6,7	37,8	0,8	—	50,1	3,13	16,48
Aguaman- sa II	A	6,1	49,0	6,4	1,20	26,7	13,35	8,24
	(B)	6,0	41,0	2,6	0,52	31,9	16,17	8,84
	(B) <sub>2</sub>	6,4	44,1	2,6	0,17	31,1	16,79	13,82
	(B)/C	6,4	44,7	1,5	0,15	36,0	16,77	9,68
Aguaman- sa III	A	6,3	54,7	6,9	0,30	30,6	7,07	11,04
	(B)/C	6,6	33,6	0,7	0,02	19,4	6,64	11,72

y % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). En la tabla 2 se indican las cantidades de Cu y Zn totales, expresadas en p.p.m. (Cu<sub>T</sub> y Zn<sub>T</sub>), la capacidad máxima de adsorción de Cu y Zn previa saturación con KCl 1N [(Cu<sub>A</sub>)<sub>K</sub>; (Zn<sub>A</sub>)<sub>K</sub>], y sin saturar con KCl 1N (Cu<sub>A</sub> y Zn<sub>A</sub>).

La capacidad total de cambio se determinó siguiendo la técnica dada por Richards (1954).

El porcentaje de carbono total fue calculado por el método de ignición total mediante un Carmograph-12.

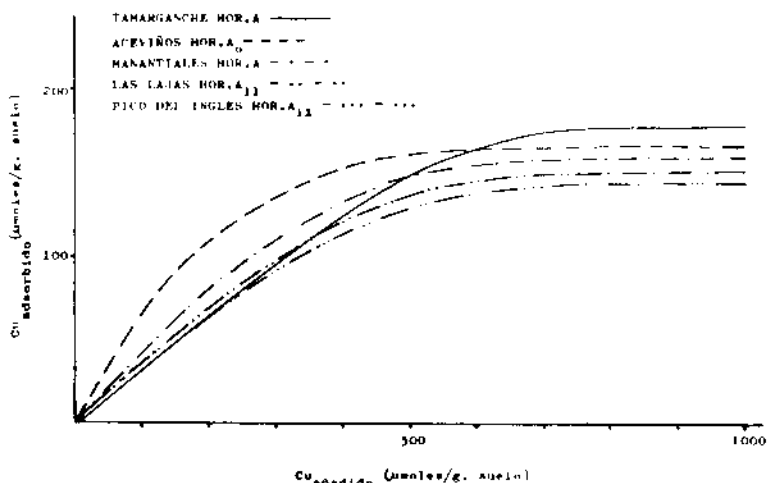
El porcentaje de arcilla se determinó por el método del hidrómetro de Bouyoucos (Dewis y Freitas, 1970).

Los porcentajes de los óxidos amorfos de Fe y Al se calcularon siguiendo la técnica dada por Duchaufour (1970).

El análisis total se realizó en un reactor a presión, según la técnica de Ximenes Herratz (1975), modificado por nosotros de la siguiente forma: el extracto obtenido se trasvasa cuantitativamente a un vaso no atacable por el HF y se evapora a sequedad, luego se lava dos o tres veces con HCl concentrado y llevando a sequedad cada vez; el residuo sólido se disuelve en 25 ml. de solución 1N en HCl y 1 por 100 en lantano. Esta modificación se realizó debido a la aparición de precipitados en la solución obtenida del reactor al añadir óxido de lantano en la determinación del Zn.

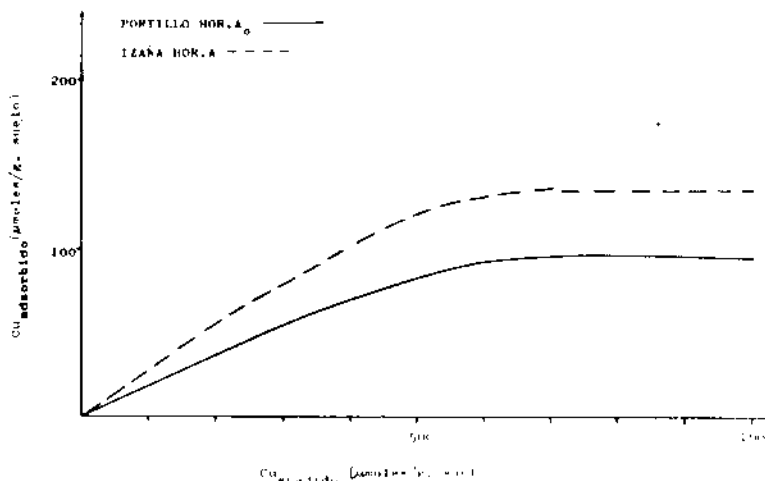
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las gráficas 1, 2, 3 y 4 representamos las curvas de adsorción de Cu de los horizontes más superficiales de cada uno de los cuatro grupos de andosoles objeto de nuestro estudio. Podemos observar que en cada grupo las formas de las curvas y los valores de máxima adsorción son muy similares. Por el contrario, cuando se comparan distintos grupos de



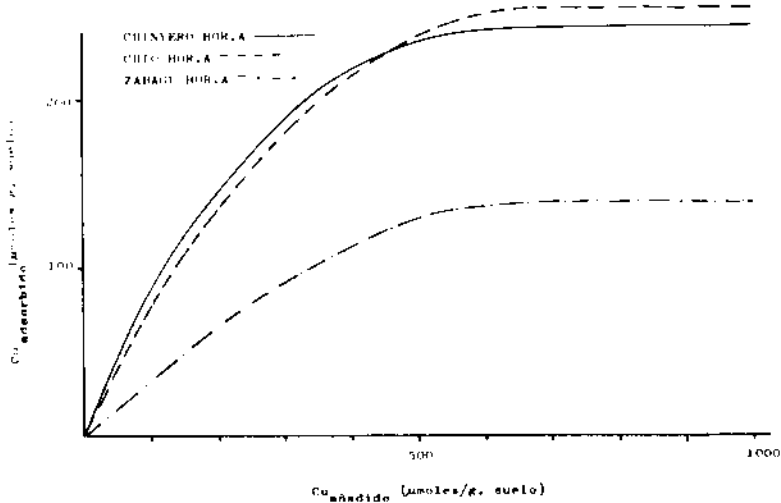
GRÁFICA 1

andosoles aparecen grandes diferencias, especialmente de los suelos más jóvenes (Vitrandepts) frente a los restantes grupos, pudiendo observarse, en general, una disminución en la altura de las curvas y, por tanto, en los valores máximos de adsorción, al pasar de los suelos más jóvenes a los más antiguos.



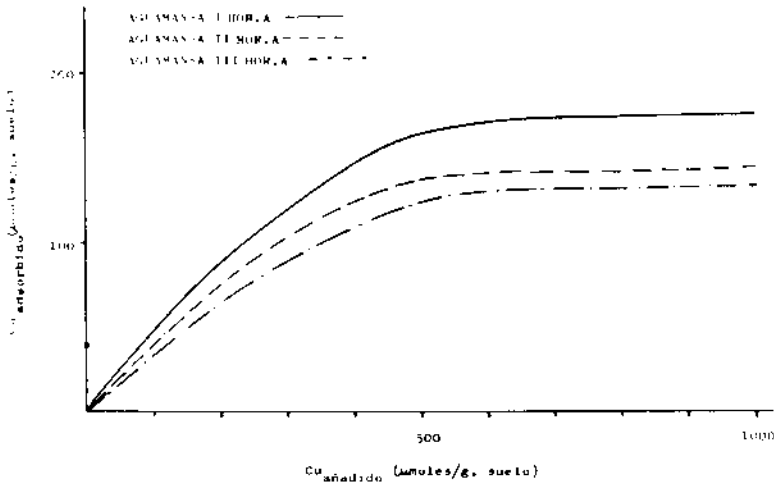
GRÁFICA 2

Debemos señalar una excepción en el grupo de los Vitrandepts, donde se observa que el horizonte Zabagu da valores muy inferiores de los correspondientes a los otros horizontes, asemejándose en su comportamiento al grupo de los Dystrandeps.



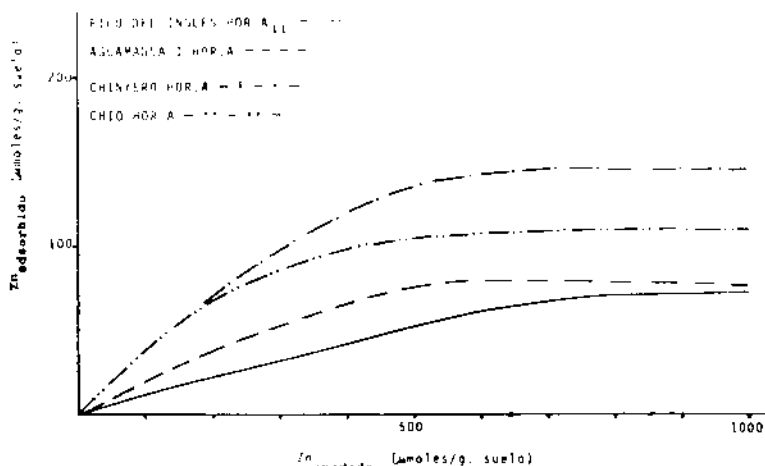
GRÁFICA 3

La mayor adsorción del grupo Vitrandepts (Chio y Chinyero), frente a los restantes grupos, no la podemos atribuir fundamentalmente a la materia orgánica, que no presenta valores destacados frente a otras muestras, sino más bien a posibles precipitaciones (medidas como adsorción), pues estas muestras presentan un pH próximo a la neutralidad (Binghan y col., 1964; Misra y Tiwari, 1966).



GRÁFICA 4

En cuanto a las curvas de adsorción de Zn, presentan un comportamiento similar al de Cu, pero con valores de adsorción más bajos (gráfica 5).



GRÁFICA 5

En las gráficas 6 y 7 representamos la variación de la adsorción de Cu y Zn con la profundidad, respectivamente, con y sin saturar con KCl 1N, de los cuatro diferentes grupos de andosoles en estudio.

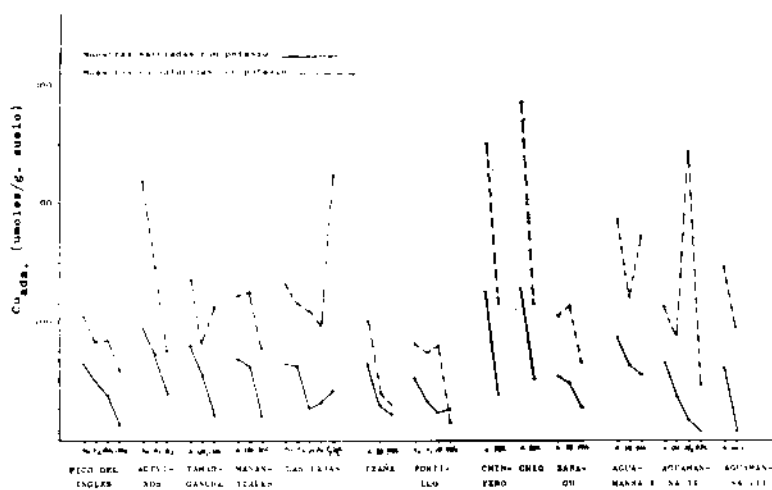
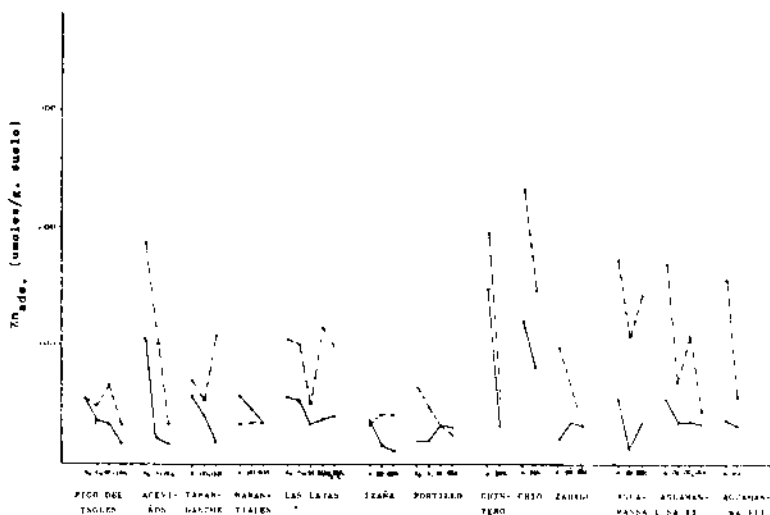


GRÁFICO 6

Se puede observar que en general la adsorción de Cu y Zn disminuye con la profundidad del perfil. Los valores de adsorción, tanto del Cu como del Zn, cuando las muestras no han sido tratadas con KCl 1N, son siempre superiores a los correspondientes valores de adsorción, cuando las muestras han sido tratadas, lo que era de suponer, pues



en el segundo caso se encontraban bloqueadas las posibles posiciones de intercambio inorgánico.



GRÁFICA 7

Se obtienen valores de adsorción de Cu, en todas las muestras, superiores a los correspondientes valores de adsorción de Zn (tabla 2).

TABLA 2

Muestra	Hor.	(Cu <sub>A</sub> ) <sub>K</sub>	(Zn <sub>A</sub> ) <sub>K</sub>	Cu <sub>A</sub>	Zn <sub>A</sub>	Cu <sub>T</sub>	Zn <sub>T</sub>
Pico del Inglés	A <sub>11</sub>	130	55	207	55	42	700
	A <sub>12</sub>	100	36	168	49	71	449
	(B) <sub>1</sub>	78	34	169	67	82	361
	(B) <sub>2</sub>	26	17	118	33	91	416
Aceviños	A <sub>0</sub>	191	106	437	188	42	294
	A <sub>1</sub>	147	21	292	102	45	315
	(B) <sub>2</sub>	78	17	152	33	58	357
Tamar-ganche	A	161	57	270	70	74	355
	(B) <sub>2</sub>	110	40	165	54	122	223
	(B)/C	41	18	216	107	117	190
Manantiales	A	138	57	243	33	73	308
	(B)	126	46	249	35	101	230
	(B)/C	39	35	157	34	129	155
Las Lajas	A <sub>11</sub>	130	56	265	105	46	499
	A <sub>12</sub>	128	54	232	101	35	458
	(B)	54	34	221	50	29	234
	(B)/B <sub>1</sub>	62	38	194	115	24	189
	B <sub>1</sub> /C	82	40	446	99	16	162

Continuación tabla 2

Muestra	Hor.	(Cu <sub>k</sub> ) <sub>k</sub>	(Zn <sub>k</sub> ) <sub>k</sub>	Cu <sub>k</sub>	Zn <sub>k</sub>	Cu <sub>T</sub>	Zn <sub>T</sub>
Izaña	A	118	36	202	33	31	327
	(B)	59	16	79	42	40	468
	(B)/C	44	12	60	42	45	334
Portillo	A <sub>0</sub>	106	19	163	65	40	503
	A <sub>1</sub>	66	20	151	49	41	381
	(B)	46	33	159	33	41	300
	(B)/C	52	32	27	25	46	225
Chinyero	A	249	149	501	196	68	368
	(B)/C	59	32	232	55	13	214
Chio	A	255	120	571	233	27	559
	(B)/C	106	82	232	147	27	361
Zabagu	A	108	22	210	99	58	459
	(B)	98	35	228	69	64	212
	(B)/C	53	33	134	33	91	681
Aguaman- sa I	A	176	56	373	174	46	356
	(B)	125	14	251	109	90	210
	(B)/C	113	35	345	143	86	161
Aguaman- sa II	A	130	55	225	171	59	336
	(B)	74	36	177	70	69	316
	(B) <sub>2</sub>	34	37	487	109	105	360
	(B)/C	16	35	93	45	99	219
Aguaman- sa III	A	123	38	292	157	61	328
	(B)/C	15	34	190	68	92	210

A continuación realizamos un estudio estadístico, correlacionando la adsorción de Cu y Zn con otras propiedades del suelo; en dicho estudio se consideraron los horizontes de cada perfil como muestras independientes, es decir, tratando simplemente de estudiar los factores que en cada muestra (horizonte) condicionan la adsorción de Cu y Zn.

En la tabla 3 se indican los coeficientes de correlación, obtenidos al relacionar los valores de Cu y Zn adsorbidos con: % de carbono total (C<sub>T</sub>), % de ácidos húmicos (A.H.), % de arcilla (arc.), capacidad total de cambio (C.T.C.) y % de óxidos amorfos de Fe y Al.

*Relación de la adsorción de Cu y Zn con el % de carbono total:*

En la tabla 3 podemos observar que la adsorción de Cu y Zn está correlacionada significativamente al nivel del 0,1 por 100 con el % C<sub>T</sub>, excepto en el caso de la adsorción de Zn para muestras no saturadas con KCl IN.

La adsorción de Cu y Zn está mejor correlacionada con la materia orgánica, para las muestras saturadas, lo que parece lógico, puesto que

la saturación se realizó con el objeto de bloquear todas las posibles posiciones de intercambio inorgánico, por lo que la adsorción de Cu y Zn debe realizarse fundamentalmente sobre la materia orgánica.

*Relación de la adsorción de Cu y Zn con % de ácidos húmicos:*

En el estudio de las correlaciones obtenidas al relacionar la absorción de Cu y Zn con el % de ácidos húmicos (tabla 3), encontramos correlaciones significativas en el caso de muestras saturadas con KCl IN, siendo significativa al nivel del 0,1 por 100 ( $r=0,592$ ,  $n=38$ ) para el Cu y al nivel del 1 por 100 ( $r=0,436$ ,  $n=38$ ) para el Zn.

TABLA 3

	% C <sub>T</sub>	% A.H.	% Arc.	C.T.C.	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
(Cu <sub>s</sub> ) <sub>K</sub>	$r=0,806$ $n=41$ (0,1 %)	$r=0,582$ $n=38$ (0,1 %)	N.S.	$r=0,678$ $n=41$ (0,1 %)	N.S.	N.S.
(Zn <sub>s</sub> ) <sub>K</sub>	$r=0,616$ $n=41$ (0,1 %)	$r=0,436$ $n=38$ (1 %)	N.S.	$r=0,510$ $n=41$ (0,1 %)	N.S.	N.S.
Cu <sub>A</sub>	$r=0,529$ $n=41$ (0,1 %)	N.S.	N.S.	$r=0,539$ $n=41$ (0,1 %)	N.S.	N.S.
Zn <sub>A</sub>	$r=0,436$ $n=41$ (1 %)	N.S.	N.S.	$r=0,490$ $n=41$ (1 %)	N.S.	N.S.

Esto confirma lo señalado por investigadores tales como Randhawa y Broadbent (1965a), Schnitzer y Skinner (1966) y Hodgson (1963), quienes indican que las fracciones de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos de la materia orgánica son muy importantes en la adsorción de Cu y Zn.

*Relación de la adsorción de Cu y Zn con el % de arcilla y % de óxidos amorfos de Fe y Al:*

No se encontró correlación significativa al relacionar la adsorción de Cu y Zn con el % de arcilla (tabla 3). Esto nos indica la heterogeneidad en la composición de esta fracción.

Tampoco se obtuvo correlación significativa al relacionar la adsorción de Cu o Zn con los porcentajes de óxidos amorfos.

*Relación de la adsorción de Cu y Zn con la capacidad de cambio catiónico:*

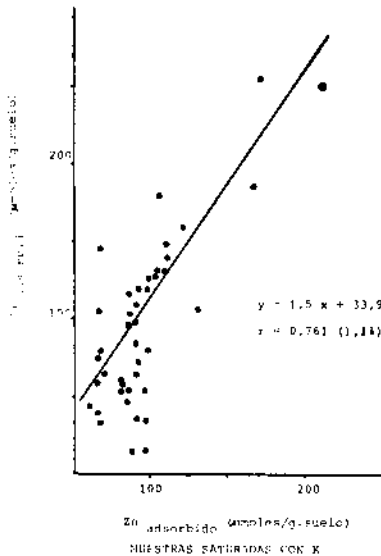
Al relacionar la adsorción de Cu y Zn con la capacidad de cambio catiónico (tabla 3) se obtuvieron correlaciones significativas al nivel del 0,1 por 100, excepto en el caso de la adsorción de Zn para muestras no saturadas con KCl IN, que fue significativa al nivel del 1 por 100.

Las correlaciones significativas entre la capacidad total de intercambio catiónico y los valores de adsorción de Cu y Zn indican un posible

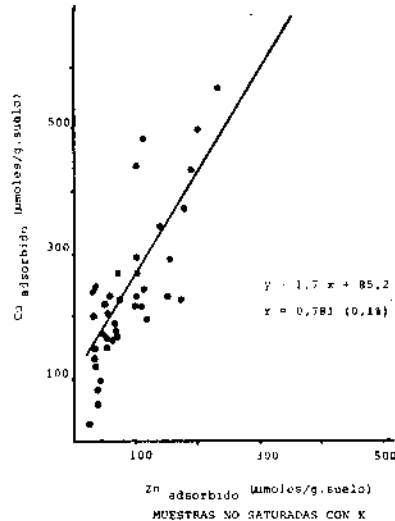
intercambio catiónico, mediante el cual el Cu o Zn queda retenido en algunas posiciones de cambio correspondientes a las medidas para la capacidad de intercambio catiónico.

#### *Relación entre la adsorción de Cu y la de Zn:*

En las gráficas 8 y 9 representamos la adsorción de Cu frente a la de Zn para muestras saturadas y no saturadas con KCl 1N, respectivamente. Ambas relaciones fueron significativas al nivel del 0,1 por 100 para la totalidad de las muestras, al contrario de lo encontrado en un estudio anterior por los autores en muestras superficiales de distintos orígenes vegetal (Trujillo Jacinto del Castillo, I., y col., 1979), lo que nos sugiere que la materia orgánica ha evolucionado en profundidad de tal manera, que ahora presenta un comportamiento homogéneo con respecto a su capacidad para adsorber Cu y Zn.



GRÁFICA 7



GRÁFICA 8

La correlación significativa encontrada al relacionar los valores de la adsorción de Cu y Zn sugiere la existencia de unos mecanismos análogos de adsorción para ambos cationes, aunque actuando sobre el Cu más intensamente.

#### RESUMEN

Se realiza sobre 13 perfiles de andosoles de las Islas Canarias, un estudio comparativo de las curvas de adsorción de Cu y Zn (horizontes superficiales). Se estudia la adsorción de Cu y Zn en función de la profundidad del perfil, calculándose la capacidad máxima de adsorción de cada horizonte de dos maneras: una de ellas, bloqueando previamente con KCl 1N, y otra sin utilizar la solución de KCl. Se estudiaron asimismo, los distintos factores que podrían afectar dichas adsorciones.

Se encontró que las formas de las curvas y los valores de máxima adsorción eran muy similares dentro de cada uno de los distintos grupos de andosoles en estudio. Al comparar los distintos grupos de andosoles aparecen grandes diferencias, especialmente de los suelos más jóvenes (vitrandepts) frente a los restantes grupos, observándose en general una disminución en los valores máximos de adsorción, al pasar de suelos más jóvenes a los más antiguos.

Encontramos que en general, la adsorción de Cu y Zn disminuye con la profundidad del perfil. Los valores de adsorción de Cu y Zn son siempre superiores para el caso de las muestras que no han sido tratadas con KCl 1N.

Del estudio estadístico realizado al relacionar, la adsorción de Cu y Zn con otras propiedades del suelo (% carbono total, % ácidos húmicos, % óxidos amorfos de Fe y Al, y la capacidad total de cambio), encontramos que:

La materia orgánica condiciona en cierto grado la adsorción de Cu y Zn.

La falta de correlación entre el % de arcilla y la adsorción de Cu y Zn, nos indica la heterogeneidad en la composición de esta fracción.

Las correlaciones significativas entre la capacidad total de intercambio catiónico y los valores de adsorción de Cu y Zn indican un posible intercambio catiónico, mediante el cual el Cu o Zn queda retenido en algunas posiciones de cambio correspondientes a las medidas para la capacidad de intercambio catiónico.

Se encontró una correlación significativa al relacionar los valores de la adsorción de Cu y la de Zn, lo que nos sugiere la existencia de unos mecanismos análogos de adsorción para ambos cationes, aunque actuando sobre el Cu más intensamente.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BINGHAN, F. T.; PAGE, A. L., SIMS, J. R. (1964). Retention of Cu and Zn by H-Montmorillonite. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28: 351-354.
- BOWER, C. A., y TRUOG, E. (1941). Base exchange capacity determination as influenced by nature of cation employed and formation of basic exchange salts. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* (1940), 5: 86-89.
- DE MUMBRUM, L. E., y JACKSON, M. L. (1956 a). Copper and Zn exchange from dilute neutral solutions by soil colloidal electrolytes. *Soil Sci.* 81: 353-357.
- DEWIS, J., y FREITAS, F. (1970). Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. UNESCO.
- DUCHAUFOUR, Ph., y SOUCIER (1970). *Précis de Pedologie*. P. 442. Masson Cie.
- ELLIS y KNEZEK (1972). *Micronutrients in Agriculture (Zn, Fe, B, Mo, Cu and Mn)* Edited by J. J. Mortvedt, P. M. Giordano, W. L. Lindsay.
- HODGSON, J. F.; TILLER, K. G., y FELLOWS, M. (1964). The role of hydrolisis in the reaction of heavy metals with soil forming materials. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 28: 42-46.
- MISRA, S. G., y TIWARI, R. C. (1966). Retention and release of copper and zinc by some Indian soils. *Soil Sci.*, 101: 465-471.
- MORTENSON, J. L. (1963). Complexing of metals by soil organic matter. *Soil Sci. Amer. Proc.*, 27: 179-186.
- PRATT, P. F.; BAIR, F. L., y McLEAN, G. W. (1964). Nickel and copper chelation capacities of soil organic matter. 8th Intern. Congress of soil Science, Bucharest, Romania, 1964.
- RANDHAWA, N. S., y BROADBENT, F. E. (1965 a). Soil organic matter-metal complexes: 5. Reactions of zinc with model compound and humic acid. *Soil Sci.* 99: 295-300.
- RICHARDS, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Agricultural Handbook, núm. 60, p. 100 U. S. D. A.
- SCHNITZER, M. (1969). Reactions between fulvic acid, a soil humic compound and inorganic soil constituents. *Soil Sci.*, 91: 393-399.
- TEJEDOR SALGUERO, M. L. (1974). Estudio de los andosoles de las Islas Canarias Occidentales (Tenerife, Gomera y Hierro). Características que determinan su fertilidad. Tesis doctoral presentada en la Facultad de Ciencias de la Universidad de La Laguna.
- TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO, I.; BORGES PÉREZ, A., y GUTIÉRREZ JEREZ, F. I. (1979). Capacidad de adsorción de Cu y Zn de suelos desarrollados bajo tres tipos de vegetación. *Anales de Edaf. y Agrob.* Tomo XXXIX, n.º 5-6 pág. 935.
- XIMENES HERRATZ, L. (1975). *Afinidad XXXII* (326), 391-394.