

# LA CONTRIBUCION DEL LIMO, LA ARCILLA Y LA MATERIA ORGANICA A LA CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONICO EN SUELOS ACIDOS

por

B. SANCHEZ

## SUMMARY

### THE CONTRIBUTION OF SILT, CLAY AND ORGANIC MATTER TO THE CATION EXCHANGE CAPACITY OF ACID SOILS

Relations between the cation exchange capacity of cultivated soils from the tempered-humid climatic zone and their different contents in organic matter, silt and clay, have been calculated using multiple regression analysis. The available samples were classified in four groups, rankers, brown earths, lehms and alluvial soils, and within each group calculated the relative contribution of silt, clay and organic matter to the total cation exchange capacity of soils as well as the mean values for the exchange capacity of those fractions.

In rankers and brown earths the organic colloid has a much higher effect on the exchange capacity of soils than inorganic materials; the difference became smaller in lehms, and almost disappear in alluvial soils. In brown earths, that besides being the more numerous samples are also those showing intermediate values for the variables under study, the range of values ( $\bar{\sigma}$  % level) for the cation exchange capacity are as follows: Silt, between 7 and 17 me./100 g.; clay, between 13 and 26 me./100 g. and organic matter, between 73 and 87 me./100 g. These figures point out considerable presence of small activity clay minerals and poor humification of the organic fraction. In lehms, greater mean values are showed for both fractions: clay, 35 me./100 g., and organic matter, 119 me./100 g.

La dependencia de la capacidad de cambio catiónico del contenido en coloides adsorbentes, minerales y orgánicos, es función tanto de la proporción en que se encuentran en los suelos como de su calidad o composición, a consecuencia de las diferencias existentes entre las capacidades de cambio de los distintos minerales de arcilla y las de los materiales orgánicos en diferente estado de humificación. Dado que la capacidad de cambio catiónico es factor importante en el conocimiento de la fertilidad potencial de los suelos, consideramos de interés conocer, además de su valor absoluto, la forma en que los factores edáficos contribuyen a ella, y el efecto que las prácticas agrícolas pueden ejercer sobre el poder adsorbente del terreno.

Se presenta en este trabajo el estudio de las relaciones de la capacidad de cambio catiónico con la materia orgánica, el limo y la arcilla de suelos agrícolas de zona climática húmeda, el cual ha sido realizado por análisis de regresión múltiple (5). Los resultados obtenidos nos permiten determinar la importancia relativa de cada una de las variables en la capacidad de cambio de los suelos estudiados, las capacidades de cambio medias de los complejos de limo y arcilla y de la materia orgánica de los mismos, así como las cantidades medias que cada variable aporta a la capacidad de cambio total.

Los datos utilizados corresponden a muestras de capa arable de suelos agrícolas del SO. de Galicia; pertenecen a zonas de rankers, tierras pardas, vegas pardas y lehms, que se estudian separadamente. Son, en general, fuertemente ácidos, de textura entre gruesa y media, con un contenido orgánico relativamente elevado. Proceden de granitos, en un gran porcentaje, gneis y esquistos pelíticos metamórficos; los lehms se sitúan sobre formaciones de rocas básicas y las vegas son de variado origen. Ilita, caolinita y haloisita han sido encontradas en la fracción de arcilla de muestras de la región (1).

Se han deducido las ecuaciones de regresión múltiple para varios tipos de suelos, agrupando las muestras según el predominio de los naturales en la zona o por caracterización directa. Al tratarse de datos de capa arable de suelos de cultivo procedentes de una recogida sistemática, y sometidos a las labores agrícolas consuetudinarias que pueden alterar sustancialmente las propiedades de los suelos naturales originarios, debe existir una gran variabilidad entre ellos, pues aunque el área geográfica es relativamente pequeña, existen diferencias climáticas, orográficas y de cultivo. Por ello, el mismo tipo de suelo puede dar lugar a muestras bastante diferentes y esta diversidad dentro de cada grupo provoca a la vez cierta similitud entre las propiedades de los de diferente origen.

#### PARTE EXPERIMENTAL

La capacidad de cambio catiónico se determinó, según Cecconi y Polesello, usando reactivo Mehlich a pH 8,1. La materia orgánica por la técnica de Walkley y Black. El análisis mecánico por el método de la pipeta con hexametáfosfato como dispersante; las fracciones consideradas son limo, 0,02 — 0,002 mm., y arcilla, < 0,002 mm., y sus valores se refieren a porcentajes de la fracción mineral del suelo (4).

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En un estudio general de estos suelos se encontró que a las correlaciones, altamente significativas, entre la capacidad de cambio catiónico

nico y los contenidos en materia orgánica y en arcilla, correspondían ecuaciones lineales de regresión con términos independientes elevados (4). Además, aunque la capacidad de cambio media de la materia orgánica —88 meq./100 gr. de materia orgánica— resultaba normal, era alta la obtenida para la arcilla —55 meq./100 gr.—, puesto que las arcillas dominantes son de capacidades de cambio relativamente bajas. En este valor, por tanto, debían estar incluidas las influencias positivas de otros componentes del suelo cuyo contenido en él estaría directamente relacionado con el nivel de arcilla. Por otra parte, la inclusión de algún otro factor edáfico podría contribuir a disminuir el término independiente.

Se encontró buena relación del limo con la capacidad de cambio (tabla II) para el conjunto de suelos y a la vez una elevada correlación positiva, tanto entre los contenidos en limo y arcilla, como entre el porcentaje de arcilla y el de materia orgánica, aunque de menor probabilidad que aquél.

Para establecer las diferencias entre los distintos suelos, las muestras se han agrupado en tipos, según su origen, y aún uniendo tipos como en el caso de los lehms, con el objeto de alcanzar un número que hiciese útil el estudio estadístico. Hay que considerar que en el área explorada se presentan prácticamente todos los subtipos indicados por Guitián (2) como originados sobre rocas no calizas, y que por las causas señaladas anteriormente se encuentran, en los agrícolas, zonas de relativa imprecisión que no se pueden caracterizar sin un examen profundo de todas sus propiedades. La variabilidad de los factores estudiados, para cada tipo considerado, se presenta en la tabla III. Los de lehms difieren sensiblemente de los de otros tipos por su mayor porcentaje en fracciones minerales finas, en particular de limo; los de rankers son de mayor contenido orgánico y los de vegas presentan una capacidad de cambio inferior.

TABLA I

*Ecuaciones de regresión entre la capacidad de cambio catiónico y el limo, la arcilla y la materia orgánica*

Rankers ... ..	$y(1) = 8,82 + 0,07 x_1(1) + 0,26 x_2(1) + 0,86 x_3(1)$
Tierras pardas ... ..	$y = 9,23 + 0,12 x_1 + 0,20 x_2 + 0,80 x_3$
Lehms... ..	$y = 4,83 + 0,08 x_1 + 0,35 x_2 + 1,19 x_3$
Vegas... ..	$y = 8,73 + 0,03 x_1 + 0,37 x_2 + 0,71 x_3$
Conjunto... ..	$y = 8,96 + 0,10 x_1 + 0,23 x_2 + 0,82 x_3$

(1)  $y$  = capacidad de cambio catiónico (meq./100 gr.);  $x_1$  = limo (%);  $x_2$  = arcilla (%);  $x_3$  = materia orgánica (%).

TABLE II  
 Valores estadísticos de las variables de la tabla I

N.º muestras	COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE Y Y			ERRORES STANDARD DE LA REGRESION						COEFICIENTES DE CORRELA- CION PARCIAL ENTRE					
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$Sy_{123}$	$Sbx_1$	$Sbx_2$	$Sbx_3$	$x_1, y$	$x_2, y$	$x_3, y$	$x_1, y, x_2$	$x_1, y, x_3$	$x_2, y, x_3$		
Rankers ... ..	86	0.143	0.520***	0.870***	0.912***	1.79	0.048	0.072	0.054	0.565***	—	0.081	0.310**		
Tierras pardas ... ..	440	0.296***	0.784***	0.808***	0.841***	1.92	0.026	0.035	0.033	0.591***	0.031	0.398***	0.316		
Lehms ... ..	34	0.351*	0.605***	0.790***	0.885***	1.68	0.049	0.120	0.156	0.508**	0.039	0.585***	0.471**		
Vegas ... ..	45	0.620***	0.711***	0.800***	0.848***	1.72	0.154	0.158	0.137	0.838***	—	0.009	0.351***		
Conjunto... ..	621	0.265***	0.504***	0.818***	0.874***	1.77	0.018	0.026	0.025	0.587***	—	0.009	0.351***		

\* Significativo al 5%; \*\* Significativo al 1%; \*\*\* Significativo al 0,1%.

TABLE III

Valores medios, desviaciones standard, errores standard de las medias y coeficientes de variación del contenido en materia orgánica, limo, arcilla y capacidad de cambio de las muestras

	LIMO			ARCILLA			MATERIA ORGANICA			CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONICO						
	$\bar{x}$	$s$	$s\bar{x}$	$\bar{x}$	$s$	$s\bar{x}$	$\bar{x}$	$s$	$s\bar{x}$	$\bar{x}$	$s$	$s\bar{x}$	C %			
Rankers... ..	14,97	5,18	0,56	34,60	12,80	3,63	0,39	28,35	9,09	4,01	0,43	44,11	21,03	4,08	0,46	20,35
Tierras pardas... ..	15,76	4,60	0,22	29,19	15,59	3,09	0,18	27,15	7,64	3,16	0,15	41,36	19,90	3,52	0,17	17,69
Lehms ... ..	23,23	6,99	0,66	28,41	15,70	2,98	0,51	18,98	6,79	1,99	0,34	29,31	20,33	3,44	0,59	16,92
Vegas ... ..	14,55	3,09	0,46	21,23	13,39	3,15	0,47	23,53	6,56	2,15	0,32	32,77	18,82	3,13	0,47	16,63

En las ecuaciones de la tabla I puede verse cómo el término independiente es sensiblemente igual en todas las ecuaciones, a excepción de los lehms; todos ellos son relativamente elevados y sólo en estos últimos se acerca a cero. Esto hace suponer que existen otros factores que contribuyen a la capacidad de cambio —a pH 8,1— de estos suelos, los cuales pueden estar en las fracciones finas de arena como escamas hidratadas de mica y óxidos hidratados de hierro y aluminio.

Los coeficientes de regresión parciales para las fracciones limo ( $x_1$ ) no difieren significativamente entre sí. La contribución por gramo de limo a la capacidad de cambio oscila entre 0,03 meq. para suelos de vega y 0,12 meq. para tierras pardas, aunque solamente en estas últimas el coeficiente de regresión es significativo (tabla II). Sin embargo, en la tabla IV, en donde se dan los valores de los coeficientes de

TABLA IV

*Coefficientes de regresión parcial standard*

	Limo	Arcilla	Materia orgánica
Rankers ... ..	0,080	0,225	0,810
Tierras pardas ... ..	0,155	0,260	0,720
Lehms ... ..	0,171	0,302	0,691
Vegas ... ..	0,032	0,372	0,492

regresión parcial standard, se puede ver cómo los correspondientes a tierras pardas, muestras dominantes, y a lehms señalan que la influencia debida a esta fracción mineral es superior a la mitad de la debida a la fracción arcilla; en los suelos de vega su influencia en relación a las otras variables consideradas es muy baja. La aportación media del limo a la capacidad de cambio de los suelos de vega sólo es de 0,44 meq.; en las de lehms y tierras pardas, 1,86 y 1,89 meq., respectivamente (tabla V), la contribución de esta fracción mineral se puede considerar interesante.

La capacidad de cambio del limo de las tierras pardas se cifra entre 7 y 17 meq./100 gr. (nivel del 5 %); este valor ve aumentado su interés intrínseco por su influencia en la supervaloración de la capacidad de cambio de la arcilla si se prescindiese del limo en el estudio.

Todos los coeficientes de regresión parcial para la arcilla ( $x_2$ ) son altamente significativos, siendo las tierras pardas las que presentan valores que indican mayor proporción de arcillas de menor capacidad de cambio. Las diferencias entre los coeficientes de regresión parcial para esta variable alcanzan la mayor probabilidad, aunque baja, entre las tierras pardas y los suelos de vega y lehms. Las capacidades de cam-

bio de las arcillas correspondientes a cada uno de los grupos de suelos son 20, 26, 35 y 37 meq./100 gr. de arcilla para tierras pardas, rankers, lehms y suelos de vega, respectivamente; las diferencias deben corresponder a un mayor predominio de la caolinita sobre los otros minerales de arcilla en las primeras de ellas.

La capacidad de cambio de la arcilla en el conjunto de suelos resulta de 23 meq./100 gr., valor notablemente inferior al resultante de la regresión lineal entre ambas variables (55 meq.). En la figura se representan las pendientes de las rectas que relacionan la capacidad de cambio catiónico con el contenido en arcilla de las muestras de tierras pardas. La recta *a* corresponde al cálculo, considerando  $x_2$  como

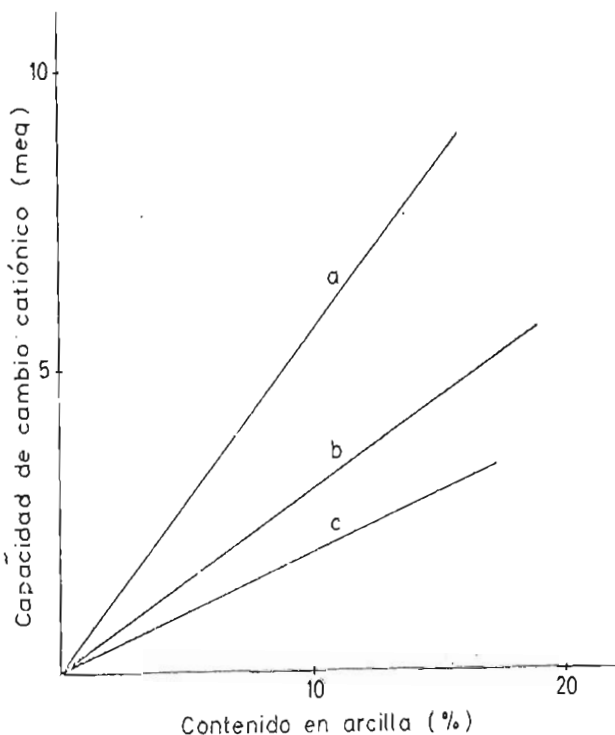


Fig. 1.—Pendientes de las regresiones entre capacidad de cambio catiónico y contenido en arcilla: a, considerando la arcilla solamente; b, considerando además la materia orgánica, y c, cuando intervienen en los cálculos, limo, materia orgánica y arcilla; para tierras pardas.

única variable independiente; las rectas *b* y *c* corresponden a regresiones múltiples en las que se toman como variables  $x_2$  y  $x_3$  o las tres estudiadas, y estableciendo las rectas haciendo constantes los valores del limo y de la materia orgánica. Las ecuaciones completas en cada caso son:

$$y = 12.33 + 0.56 x_2$$

$$y = 10.04 + 0.30 x_2 + 0.76 x_3$$

$$y = 9.23 + 0.12 x_1 + 0.20 x_2 + 0.80 x_3$$

y tanto en ellas como en la figura se muestra claramente la interdependencia de la arcilla con las otras variables.

Es en los suelos de vega en donde la influencia de la arcilla se acerca más a la de los coloides de origen orgánico (tabla IV), siendo aquélla relativamente baja para los otros tipos de suelos; sin embargo, en los de lehms el conjunto mineral, limo más arcilla, también tiene una fuerte influencia en relación al orgánico. Considerando los valores medios de las variables, la aportación debida a la arcilla, a la capacidad de cambio de estos suelos es de 5,50 meq. para los de lehms, 4,95 meq. para los de vega y solamente de 2,72 meq. para las tierras pardas (tabla V).

La capacidad de cambio de las arcillas de las tierras pardas está comprendida entre 13 y 26 meq./100 gr. (nivel del 5 %) y se corresponde con el valor que encuentran Hallswroth y Wilkinson (3) en un grupo mixto de suelos ácidos cuando consideran como variables la arcilla y la materia orgánica.

En cuanto a la aportación de la materia orgánica ( $x_3$ ) a la capacidad de cambio los valores medios oscilan entre un mínimo de 0,71 meq./g. para la de los suelos de vega y 1,19 meq./g. para la de los de lehms. Todos los coeficientes presentan significación superior al 0,1 %, excepto el de los suelos de lehms, en que es algo más baja. Son significativas las diferencias siguientes: entre los lehms y las tierras pardas ( $t_{diff} = 2,172$ ), y

T A B L A V

*Meq. de capacidad de cambio catiónico atribuibles a limo, arcilla y materia orgánica, según la composición media de los suelos*

	Limo	Arcilla	Materia orgánica
Rankers ... ..	1,05	3,33	7,82
Tierras pardas ... ..	1,89	2,72	6,11
Lehms ... ..	1,86	5,50	8,08
Vegas... ..	0,44	4,95	4,66

entre los lehms y los suelos de vega ( $t_{diff} = 2,298$ ), siendo elevada la posibilidad de significación para rankers respecto a lehms ( $t_{diff} = 1,907$ ); la diferencia entre los suelos de ranker y los demás también es elevada. En la tabla IV vemos cómo, salvo en los suelos de vega, es muy alta la influencia de esta variable en relación a la debida al limo y a la arcilla. La aportación media considerando los contenidos en materia orgánica de las muestras aumenta en el orden vega < tierra parda < ranker < lehms (tabla V). Es indudable que la contribución de la materia orgánica es sensiblemente superior a la proporcionada por la arcilla a la

capacidad de cambio catiónico de estos suelos, tanto si se comparan los valores medios del conjunto, 6,3 y 3,1 meq., respectivamente, como los parciales de cada grupo de suelos, a excepción de los de vega, en que la aportación de la arcilla, 4,95, es ligeramente superior a la debida a la materia orgánica, 4,66 meq.

La capacidad de cambio de la materia orgánica de las tierras pardas oscila entre 73 y 87 meq./100 g., valores que son sensiblemente iguales a los medios de las materias orgánicas de los suelos de vega, 71 meq., y de los rankers, 86 meq. Todos ellos son relativamente bajos y confirman la débil humificación de estos suelos.

En cuanto a los tipos de suelos en que se han dividido las muestras, sus características más destacadas son las siguientes:

En los de rankers es más acusado el predominio del efecto de la materia orgánica en relación al de las otras variables (tabla IV), teniendo el limo débil participación en la capacidad de cambio.

En las tierras pardas, se mantiene el predominio del efecto de los coloides de origen orgánico, con elevación notable de la participación del limo.

En los lehms se observa la disminución de la diferencia entre los efectos debidos a ambos tipos de coloides, y dada su composición media, es en donde las variables limo, arcilla y materia orgánica tienen un mayor efecto sobre la capacidad de cambio, que depende en mayor medida de ellas. Estos suelos presentan la materia orgánica más evolucionada, así como mayor proporción de arcillas activas.

Por último, en las vegas casi desaparece el predominio de los coloides orgánicos, aunque el limo parece no tener prácticamente efecto sobre la capacidad de cambio catiónico.

#### *Misión Biológica de Galicia*

#### RESUMEN

Mediante el análisis por regresión múltiple se estudian las relaciones de la capacidad de cambio catiónico con los contenidos en materia orgánica, limo y arcilla de suelos agrícolas de zona climática templado-húmeda. Las muestras, por su origen, se han agrupado en cuatro tipos: rankers, tierras pardas, lehms y vegas. Se ha determinado la importancia relativa de cada variable a la capacidad de cambio catiónico; las capacidades de cambio medias de los complejos limo, arcilla y materia orgánica y las cantidades medias que cada variable aporta a la capacidad de cambio catiónico de los suelos.

Se encontró que el efecto debido los coloides orgánicos es muy superior al de los de origen mineral en rankers y tierras pardas; se aminora la diferencia en los lehms y casi se anula en los de vega. La influencia del limo es débil, particularmente en los de vega. Para las tierras pardas, que son las predominantes, y de valores intermedios de las variables, las capacidades de cambio catiónico de sus componentes tienen los siguientes intervalos, para el nivel del 5 %: limo, entre 7 y 17 meq./100 g.; arcilla, entre 13 y 26 meq./100 g.; materia orgánica, entre 73 y



87 meq./100 g. Las cifras señalan un gran predominio de minerales de arcilla poco activos y débil humificación de los materiales orgánicos del suelo. Los lehms presentan valores medios más elevados tanto para la arcilla, 35 meq./100 g., como para la materia orgánica, 119 meq./100 g.

#### BIBLIOGRAFÍA

- (1) GONZÁLEZ PEÑA, J. M. 1958. Estudio mineralógico comparativo de la fracción arcilla de algunos sedimentos del litoral español. An. Edafol. Agrobiol., 17, 27-56.
- (2) GURTIÁN OJEA, F. 1967. Suelos de zona húmeda española. I. Tipos principales y sus relaciones genéticas. An. Edafol. Agrobiol., 26, 1369-1387.
- (3) HALLSWORTH, E. G. y WELKINSON, G. K. 1958. The contribution of clay and organic matter to the cation exchange capacity of the soil. Jour Agric. Sci., 51, 1-3.
- (4) SÁNCHEZ, B., GARCÍA SÁNCHEZ, A. y DIOS, G. 1967. Fertilidad de los suelos de cultivo de Pontevedra: estudio inicial. An. Edafol. Agrobiol., 24, 395-420.
- (5) WADLEIGH, C. H. y FIREMAN, M. 1954. Multiple regression analysis of soil data. Soil Sci., 78, 127-139.

Recibido para publicación: 29-IV-68