

## ESTUDIO ESTADISTICO DE LAS PROPIEDADES FISICO - QUIMICAS DE LUVISOLES DESARROLLADOS SOBRE MATERIALES CALIZOS EN VALENCIA (ESPAÑA)

M.<sup>a</sup> D. Soriano, R. Boluda, V. Pons y J. Sánchez

*Unidad Docente de Edafología - Geología del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Valencia*

### RESUMEN

Se estudian los caracteres generales de los Luvisoles desarrollados sobre materiales calizos, a partir de 36 perfiles representativos de suelos rojos mediterráneos en la provincia de Valencia, observándose en general contenidos altos a moderados de materia orgánica, pH neutro o ligeramente básico, textura arcillosa, saturados en bases y contenidos notables de hierro y aluminio que aumentan en profundidad.

Se ha realizado la matriz de correlación, análisis factorial de componentes principales y aplicado el método del análisis de la varianza y regresiones múltiples a los datos analíticos. La matriz de correlación establece relaciones entre los contenidos de óxidos de hierro y aluminio con el porcentaje de arcilla y los valores de capacidad de intercambio catiónico.

El análisis factorial de componentes principales da como resultado un total de tres factores (textural, óxidos de hierro y orgánico), que explican el 72.8% de la varianza.

La aplicación del método del análisis de la varianza y regresiones múltiples establece ecuaciones que relacionan directamente el porcentaje de arcilla, materia orgánica y el contenido en óxido de aluminio libre, e inversamente el porcentaje de carbonatos con el valor de la CIC. El contenido en óxido de hierro total de la fracción tierra fina, se encuentra fuerte y positivamente correlacionado con el porcentaje de arcilla y el pH del suelo y negativamente con el contenido en carbonatos, al mismo tiempo que el porcentaje de óxido de aluminio total en la fracción tierra fina, se relaciona con el porcentaje de óxido de hierro total con esta misma fracción y con el de CIC.

Palabras clave: Luvisoles. Características físico-químicas. Materiales calizos. Estudio estadístico.

### SUMMARY

#### A STATISTICAL STUDY ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF LUVISOLS DEVELOPED ON LIMESTONE MATERIALS IN VALENCIA (SPAIN) A STATISTICAL STUDY ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF LUVISOLS

From 36 representative profiles of Mediterranean red soils in Valencia, the general features of Luvisols, developed on limestone materials are studied. Generally, these

soils present a high or moderately high organic matter content, neutral or slightly basic pH, clay texture, saturated in bases and high iron and aluminium contents that increase with depth.

The correlation matrix: has been performed factorial analysis of main components and the methods of variance and multiple regression analysis have been applied to the analytical data. The correlation matrix enables relationships between the clay percentage and the values of cationic exchange capacity to be established.

The factorial analysis of the main components gives a total of three factors (textural, iron oxides and organic) which account for 72.8% of the variance.

From the application of both methods, the analysis of variance and multiple regression, equations directly correlating the percentage of clay organic matter and the content in three aluminium oxide, and, inversely, the carbonate percentages with the CIC values can be inferred. The overall iron oxide content of the thin ground fraction is positively correlated with the clay percentage and the soil pH, and negatively with the carbonate percentages. On the other hand, the percentage of total aluminium oxide in the fine earth fraction is related to the percentage of iron in this fraction and with the CIC.

Key words: Luvisols. Physico-chemical characteristics. Limestone material. Statistical study.

## INTRODUCCION

La provincia de Valencia se encuentra enclavada dentro del área mediterránea, y su relieve salvo la línea costera es un intrincado conjunto de macizos montañosos con valles intercalados, en estos relieves montañosos de directrices Ibérica (NO-SE) y Prebética (SO-NE) es donde mayoritariamente se localizan los suelos de nuestro estudio.

En el presente trabajo se estudian los Luvisoles de la provincia de Valencia asociados a relieves carbonatados y muy carstificados, así como a altiplanos donde se localizan los conglomerados calizos miocénicos en la provincia de Valencia. Se

estudian 36 perfiles representativos de dichas formaciones edáficas, que incluyen Luvisoles crómicos, cálcicos y háplicos, cuya localización y características generales (pendiente, altitud, características climáticas, tipo de horizontes y profundidad) se encuentran en Soriano (1989).

El objetivo del presente trabajo es dilucidar los aspectos relativos a sus propiedades físicas y químicas realizando un análisis estadístico, con el fin de establecer correlaciones entre dichas propiedades y determinar aquellos parámetros que mejor caracterizan este tipo de suelos.

## METODOLOGIA

La descripción morfológica de los suelos se ha realizado según las normas FAO (1970) y su clasificac-

ión según FAO-UNESCO (1988). Para las determinaciones analíticas se han seguido los métodos de Jack-

son (1958), Abrisqueta y Romero (1969), Ministerio de Agricultura (1974) y Guitián y Carballas (1976). Se han tratado estadísticamente las siguientes propiedades de los suelos estudiados: porcentaje de arena, limo y arcilla (la clase textural se determina según el triángulo textural de USDA (1951)), capacidad de retención de agua (33 KPa), pH en agua y cloruro potásico, contenido en sales (extracto de saturación 1/5 (Richards, 1954)), porcentaje de carbonatos, materia orgánica, fósforo (método de Olsen y Dean, en Black (1965)), nitrógeno total y nitrógeno mineral (según métodos descritos por Bremner, en Black (1965)), relación C/N, calcio, magnesio, pota-

sio y sodio de cambio, CIC, porcentaje de saturación en bases, porcentaje de óxidos de hierro y aluminio libres y totales en tierra fina y arcilla, así como relaciones de todos los perfiles estudiados. Este análisis se ha realizado utilizando todos los horizontes de los perfiles entre los que se incluyen: Ah, AB, Bt, Bt<sub>1</sub> y C.

A partir de todos los datos (3 perfiles, 98 muestras y 3115 análisis) se han obtenido los valores máximo, medio y mínimo. Se ha aplicado el paquete estadístico SPSS/PC (Norussis, 1986) (análisis factorial de componentes principales y regresión múltiple lineal).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis granulométricos sitúan a la mayor parte de los horizontes dentro de la textura arcillosa, correspondiendo valores medios de arcilla de 46.27%. A consecuencia de esta granulometría los valores de la capacidad de retención de agua presentan valores medios de 25.06%.

Presentan en conjunto porcentajes elevados de materia orgánica que decrecen en profundidad, y una buena humificación, con valores de la relación C/N mayoritarios entre 11 y 15, indicando un buen grado de incorporación de ésta materia orgánica, justificado por ser suelos con dedicación forestal.

Los contenidos en nitrógeno van paralelos a los de la relación C/N. El N<sub>2</sub> total está comprendido entre 0.01% y 0.57%.

Son suelos neutros o ligeramente básicos, como consecuencia del tipo

climático y del material de origen. El valor medio del pH en agua es de 7.54, y su baja desviación indica una escasa variabilidad de este parámetro estando la mayoría de los suelos comprendidos entre valores de 7.00 - 8.00 para pH en agua, y 6.20 - 7.20 para pH en cloruro potásico como corresponde a suelos saturados.

Se aprecian en conjunto bajos contenidos en fósforo asimilable siendo el valor medio de  $0.53 \cdot 10^{-3}$ % con una distribución repartida entre un valor máximo de  $6.62 \cdot 10^{-3}$ %, y valores mayoritariamente inapreciables en su contenido.

La mayor parte de los horizontes están descarbonatados y el 70% de ellos presenta valores despreciables en el contenido de carbonato cálcico excepto aquellos donde existe un horizonte de acumulación de caliz en profundidad. A pesar de ello, e

TABLA 1

*Valores medios, máximos, mínimos y desviación standard para los datos físico-químicos, óxidos de hierro y aluminio.*

	%				pH (H <sub>2</sub> O)	pH (ClK)	dS m <sup>-1</sup> (25 °C)		%	
	Ar	Li	Ac	C. R. A.			Salin. (1/5)	CO <sub>3</sub> Ca	M. O.	
Medio . . . . .	25.39	28.36	46.27	25.06	7.54	6.72	0.52	6.73	3.45	
Máx . . . . .	79.71	45.00	92.75	46.96	8.30	7.20	1.76	60.70	12.43	
Mín . . . . .	3.90	3.35	4.16	5.40	5.25	4.35	0.15	0.00	0.03	
Sdev . . . . .	15.14	8.21	16.34	7.02	0.47	0.45	0.27	13.34	2.97	

  

	%			C/N	C. I. C.	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				
	Nt	Nm	P. asimilable			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	V %
Medio . . . . .	0.154	1.61.10 <sup>-3</sup>	0.53.10 <sup>-3</sup>	13.51	30.53	23.95	3.47	0.82	0.60	97.07
Máx . . . . .	0.570	8.55.10 <sup>-3</sup>	6.62.10 <sup>-3</sup>	29.58	61.64	49.10	15.68	3.04	4.00	100.00
Mín . . . . .	0.010	0.03.10 <sup>-3</sup>	0.00.10 <sup>-3</sup>	4.47	3.82	1.92	0.14	0.10	0.03	60.45
Sdev . . . . .	0.130	1.44.10 <sup>-3</sup>	1.03.10 <sup>-3</sup>	5.08	11.42	10.11	3.88	0.57	0.50	8.59

TABLA 1 (Continuación)

*Valores medios, máximos, mínimos y desviación standard para los datos físico-químicos, óxidos de hierro y aluminio.*

	ARCILLA							
	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (l)	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (l)	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t)	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t)	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (l)	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (l)	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (l)	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t)
					% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t)	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t)	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (l)	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t)
Medio . . . . .	4.08	2.56	6.60	12.20	61.82	28.59	1.99	0.62
Máx . . . . .	7.52	8.29	11.55	25.43	97.00	96.00	14.60	1.70
Mín . . . . .	0.37	0.18	0.91	1.83	6.00	2.00	0.10	0.09
Sdev . . . . .	1.56	1.30	1.64	5.53	22.65	20.99	1.85	0.34

  

	SUELO							
	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (l)	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (l)	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t)	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t)	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (l)	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (l)	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (l)	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t)
					% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t)	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t)	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (l)	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t)
Medio . . . . .	3.18	0.60	4.86	8.38	61.17	8.69	7.37	0.76
Máx . . . . .	12.39	3.28	12.40	17.81	100.00	84.00	14.28	3.78
Mín . . . . .	0.41	0.03	0.81	0.91	19.00	1.00	0.38	0.30
Sdev . . . . .	1.91	0.64	1.75	4.47	21.49	12.09	3.69	0.56

(1) Capacidad de retención de agua (33 KPa).

(2) (% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) × 100; (% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) × 100; (% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) × 100.

aporte continuo por las aguas de esorrentía eleva en algunos horizontes superficiales el porcentaje de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ . En algunos horizontes profundos, se encuentran pequeñas concreciones calizas de origen secundario, observándose en estas ocasiones un pequeño aumento en el contenido en carbonatos.

Los valores de la capacidad de cambio se relacionan directamente con los porcentajes de arcilla, aumentando sensiblemente en aquellos horizontes ricos en materia orgánica. En general los valores mayoritarios de la CIC se encuentran comprendidos entre 25 - 37  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , aunque el 20% de los horizontes superan este valor máximo.

Las bases de cambio se encuentran en el siguiente orden de contenido:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ . En todos los perfiles el calcio es el catión dominante, principalmente cuando el material subyacente lo componen calizas microcristalinas. Pero cuando el material de origen es calizo-dolomítico, o predominan las dolomías del Cretácico superior, se observa un aumento en el contenido de iones magnesio.

En todos los perfiles el valor de CIC para el horizonte Bt, es superior a 24  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}/100 \text{ g}$  de arcilla, lo que sitúa a estos suelos según la clasificación F.A.O. (1988), dentro de los Luvisoles, y no existe ningún perfil que se pueda clasificar como Lixisol.

En la Tabla 1 se presentan los valores medios, máximos y mínimos de los análisis químicos realizados para estos suelos, así como su desviación standar.

### *Oxidos de hierro y aluminio*

Los contenidos medios de hierro libre oscila entre 3.9 y 4.9% para la fracción arcilla, siendo inferior este margen para la fracción tierra fina (2% - 3.5%) en la que existe mayor variabilidad para el contenido de este óxido. Las variaciones se relacionan con el contenido en arcilla de los horizontes (existiendo siempre una mayor liberación en los horizontes Bt), así como del contenido en materia orgánica y de si el suelo se encuentra o no carbonatado.

Es interesante el descenso en el contenido de óxido de hierro tanto libre como total, principalmente en la fracción tierra fina, cuando el medio es fuertemente calizo, mostrando que la dinámica del hierro está limitada en este medio.

La liberación de hierro es importante en los horizontes superiores de todos los perfiles con elevados contenidos en materia orgánica, donde la forma libre respecto a la total sobrepasa el 80%. La causa principal consiste en que los procesos de cristalización de los óxidos libres, están frenados por la presencia de materia orgánica, coexistiendo las formas amorfas del hierro junto a una cierta cantidad de goetita criptocristalina, ligadas ambas a las arcillas (Schwertmann *et al.*, 1973).

Los porcentajes de hierro total varían de 11.55 a 0.91% para la fracción arcilla, con una variación similar para la fracción tierra fina (12.40% - 0.81%), aunque los valores medios son superiores en la primera fracción.

Para el óxido de aluminio, los contenidos de su forma libre son pequeños comparados con los de óxido de hierro en la fracción tierra

fina, pero se obtienen valores similares para la fracción arcilla. Sin embargo los contenidos totales en éste óxido superan a los del hierro, con valores máximos de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de 25.43% y 17.81% para las fracciones arcilla y tierra fina respectivamente. Debido a ello, la liberación de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  (l)/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  (t)) en ambas fracciones no alcanza valores elevados, lo que nos indica en general la existencia de minerales arcillosos ricos en silicatos aluminicos.

Aunque de forma variable, parece existir un paralelismo entre el contenido de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (t) y el aumento de la fracción fina en profundidad, lo cual indicaría una mejor cristalización de minerales ilíticos y cao-línicos.

### *Relaciones estadísticas*

Con el objeto de confirmar relaciones entre los datos físicos y químicos obtenidos en el análisis de estos suelos, se realizó en primer lugar un análisis descriptivo determinando valores medios, desviación standar, rango, máximos y mínimos. En segundo lugar la matriz de correlación lineal de todas las variables y el análisis de componentes principales. En tercer lugar un análisis de regresión múltiple, utilizando el método "paso a paso" (stepwise regression) mediante un ordenador IBM a través del paquete estadístico SPSS/PC+.

En la matriz de correlación (Tabla 2), se puede observar que son numerosas las correlaciones altamente significativas ( $p = 0.001$  y  $p = 0.01$ ). Como más interesantes mencionaremos las correlaciones lineales entre el porcentaje de arcilla, con la capacidad de retención de agua, así como

con el porcentaje de óxidos libre y totales de hierro y aluminio. De pH en agua con la salinidad y el contenido en carbonatos, y del valor de la CIC altamente relacionado con el porcentaje de arcilla, contenido en carbonatos, materia orgánica y hierro total en suelo.

El resultado del análisis factorial nos agrupa las propiedades físicas y químicas analizadas dentro de tres factores, que explican el 72.8% de la varianza. Este estudio reduce los datos originales (35 variables o propiedades de los suelos) a 11 variables eliminando de esta forma las variables redundantes (Iggy Litaor *et al.* 1989), agrupadas en tres factores que tienen un diferente peso en el estudio de estos suelos. La Tabla 3 contiene la matriz de los factores rotados con las variables, comunalidad, valores propios y significación.

El Factor 1 presenta un fuerte y positiva correlación con el porcentaje de arcilla, la capacidad de retención de agua y el valor de la CIC; siendo fuerte y negativa la correlación con el porcentaje de arena. Este primer factor es el que más peso tiene dentro de los tres factores definidos explicando el 38.1% de la varianza y su conjunto ha sido interpretado como un factor textural.

El Factor 2 presenta correlaciones fuertemente positivas con los óxidos de hierro en la fracción arcilla, donde aparece mayor acumulación de óxidos en estos suelos, explicando un porcentaje de la varianza del 21.6%. El Factor 3 explica el 13.1% de la varianza y este conjunto de datos ha sido interpretado como factor orgánico, presentando una fuerte correlación positiva con el

TABLA 2

Matriz de correlación de variables edáficas.

	27	26	24	23	22	21	18	17	16	15	14	12	10	9	8	
1 % Ar . . . . .	-.39*	-.57*	-.45*	...	-.36*	...	...	-.31 <sup>+</sup>	...	-.61*	-.66*	...	...	...	...	.30 <sup>+</sup>
2 % L . . . . .	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	.41*	.43*	...	...
3 % Ac . . . . .	.34*	.49*	.39*	...	.27 <sup>+</sup>	...	...	...	...	.55*	.54*	...	...	...	...	-.30 <sup>+</sup>
4 % C. R. A. . . . .	.26 <sup>+</sup>	.41*	.32*	...	...	...	...	.36*	.32*	.64*	.71*	...	.32*	.38*	...	-.25 <sup>+</sup>
5 pH (H <sub>2</sub> O) . . . . .	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	.33*
6 pH (ClK) . . . . .	...	...	...	...	...	.26 <sup>+</sup>	.25 <sup>+</sup>	...	...	...	...	...	...	...	...	.28 <sup>+</sup>
7 Conduc. . . . .	...	...	...	...	...	...	...	.25 <sup>+</sup>	...	...	...	.25 <sup>+</sup>	.45*	...	...	...
8 % CO <sub>3</sub> Ca . . . . .	-.26 <sup>+</sup>	-.39*	-.31*	...	...	-.38*	...	-.28 <sup>+</sup>	-.26 <sup>+</sup>	-.35*	-.46*	...	...	...	...	...
9 % M. O. . . . .	...	...	...	...	...	...	...	.62*	...	.46*	.47*	.34*	.90*	...	...	...
10 % N tot. . . . .	...	...	...	...	...	...	...	.50*	...	.48*	.45*	.29 <sup>+</sup>	...	...	...	...
11 C/N . . . . .	...	...	...	...	-.25 <sup>+</sup>	-.25 <sup>+</sup>	...	.26 <sup>+</sup>	...	...	...	...	...	...	...	...
12 N mín. . . . .	...	...	...	...	...	...	...	.28 <sup>+</sup>	...	...	.26 <sup>+</sup>	...	...	...	...	...
13 P asi . . . . .	-.27 <sup>+</sup>	...	-.26 <sup>+</sup>	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
14 C. I. C. . . . .	.28 <sup>+</sup>	.36*	.29 <sup>+</sup>	...	...	...	...	.35*	.40*	.85*	...	...	...	...	...	...
15 Ca . . . . .	...	...	.25*	...	...	...	...	.41*	...	...	...	...	...	...	...	...
16 Mg . . . . .	...	.24 <sup>+</sup>	...	...	...	...	.34*	...	...	...	...	...	...	...	...	...
17 K . . . . .	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
18 Na . . . . .	...	.44*	.54*	...	...	.36*	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
19 % Sat. . . . .	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
20 % Fe (l) Ac . . . . .	...	.47*	.42*	...	.42*	.66*	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
21 % Al (l) Ac . . . . .	...	...	.50*	.31*	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
22 % Fe (t) Ac . . . . .	.34*	.41*	.33*	.53*	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
23 % Al (t) Ac . . . . .	.53*	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
24 % Fe (l) S . . . . .	...	.82*	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
25 % Al (l) S . . . . .	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
26 % Fe (t) S . . . . .	.42*	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
27 % Al (t) S . . . . .	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

  

	7	6	5	4	3
1 % Ar . . . . .	...	...	...	-.74*	-.83*
2 % L . . . . .	...	...	.24 <sup>+</sup>	...	-.28 <sup>+</sup>
3 % Ac . . . . .	...	...	...	.66 <sup>+</sup>	...
4 % C. R. A. . . . .	...	...	...	...	...
5 pH (H <sub>2</sub> O) . . . . .	-.48*	.63*	...	...	...
6 pH (ClK) . . . . .	-.40*	...	...	...	...

\* P = 0.001.    + P = 0.01.



TABLA 3

*Matriz de los factores rotados, variables, comunalidad, valores propios, significación.*

Propiedades	Comunalidad	MSA*	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Arena % . . . . .	0.84907	0.82003	-0.84749	-0.34939	-0.09358
Arcilla % . . . . .	0.81815	0.75478	0.83527	0.28427	0.19915
C. R. A. % . . . . .	0.81404	0.84634	0.86009	0.09330	0.25609
pH . . . . .	0.49034	0.51542	-0.34541	0.45370	0.40643
Mat, org. % . . . . .	0.91610	0.57189	0.18283	-0.16769	0.92442
Nt % . . . . .	0.90348	0.61972	0.15531	-0.03658	0.93702
C. I. C. $\text{cmol} + \text{kg}^{-1}$	0.76044	0.90665	0.76618	0.08386	0.40789
Fe libre ac. % . . . . .	0.60869	0.81239	0.00239	0.76370	-0.15951
Fe total ac. % . . . . .	0.41139	0.81919	0.17911	0.60345	0.12310
Fe libre ac. % . . . . .	0.68071	0.73372	0.28978	0.76695	0.09234
Fe total ac. % . . . . .	0.75769	0.75814	0.41803	0.76217	0.04506
Valores propios. . . . .			4.19038	2.38080	1.43891

Kaiser - Meyer - Olkin medida de adecuación de las muestras = 0.75827.

Test de esfericidad de Bartlett = 706.5; Significación = 0.00000

\*MSA = Medida de adecuación de las variables.

porcentaje de materia orgánica y de nitrógeno total.

A partir de la información obtenida, se ha intentado obtener las ecuaciones que correlacionen las variables primarias con aquellas otras que se consideran función de ellas. Para ello se aplicó el método del análisis de la varianza y regresiones múltiples a los 98 muestras de suelo analizada, con objeto de obtener ecuaciones que relacionaran entre sí las propiedades de estos suelos. En la Tabla 4 se muestran las ecuaciones obtenidas y el análisis de la varianza, en las que se puede observar las variables implicadas y la alta correlación obte-

nida, junto con el alto grado de significación. La primera de estas ecuaciones correlaciona algunos de los parámetros incluidos en el primer y tercer factor (CIC, %Ac y % materia orgánica). Las otras dos ecuaciones correlacionan los contenidos en óxido de hierro y aluminio totales. El óxido de hierro se correlaciona directamente con el porcentaje de arcilla y pH, e inversamente con el porcentaje de carbonatos, mientras que el óxido de aluminio total se correlaciona con el porcentaje de hierro total y el valor de la capacidad de intercambio catiónico.

TABLA 4

*Análisis de la varianza y ecuaciones de las regresiones múltiples.*

$$\text{CIC} = 7.257 + 0.360 \% \text{Ac} + 1.911 \% \text{MO} - 0.208 \% \text{CO}_3 \text{Ca} + 2.33 \% \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{l}) \text{s}$$

Multiple R	=	0.804
R cuadrado	=	0.647
Sta. Error	=	6.928

$$\% \text{Fe}_2\text{O}_3 (\text{t}) \text{s} = -5.715 + 0.033 \% \text{Ac} + 0.121 \% \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{t}) \text{s} - 0.033 \% \text{CO}_3 \text{Ca} + 0.831 \text{pH}(\text{CIC})$$

Multiple R	=	0.636
R cuadrado	=	0.405
Sta. Error	=	1.382

$$\% \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{t}) \text{s} = -2.48 + 0.404 \% \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{t}) \text{Ac} + 0.756 \% \text{Fe}_2\text{O}_3 (\text{t}) \text{s} + 0.073 \text{CIC}$$

Múltiple R	=	0.663
R cuadrado	=	0.439
Sta. Error	=	3.430

Var. Dep.	G/L	Suma cuadrados	Media cuadrados	F	% S	
CIC . . . . .	Regresión. . . . .	4	8187.102	2.046.775	42.643	>95
	Residual . . . . .	93	4464.718	48.007		
% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t) s	Regresión. . . . .	4	121.148	30.286	15.840	>95
	Residual . . . . .	93	177.758	1.911		
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t) s	Regresión. . . . .	3	855.093	285.031	24.601	>95
	Residual . . . . .	94	1089.076	11.585		

## CONCLUSIONES

Los resultados analíticos muestran valores muy similares para todos los perfiles, y en conjunto una escasa desviación standar para los diferentes parámetros analizados.

Destacan los elevados valores de óxidos principalmente de hierro en

los horizontes de los suelos estudiados, con altas relaciones entre los óxidos de hierro libres y totales para ambas fracciones.

La matriz de correlación confirma las relaciones existentes entre los contenidos en óxidos con el porcen-

taje de arcilla y el valor de la capacidad de intercambio catiónico. El resultado derivado del análisis factorial de componentes principales, indica que el total de factores explican el 72.8% de la varianza, y este estudio reduce los datos originales (35 variables) a 11 variables que se agrupan en 3 Factores (textural, óxidos de hierro y orgánico), los cuales presentan fuertes correlaciones con las características analizadas de estos suelos, siendo el Factor 1 el que identifica las características texturales de los suelos estudiados y el que mayor peso tiene dentro del conjunto de Factores, explicando por sí solo el 38.1% de la varianza. El Factor 2 agrupa a los óxidos en hierro tanto libres como totales en la fracción arcilla; mien-

tras que el Factor 3 correlaciona variables orgánicas.

La aplicación del método de análisis de la varianza y regresiones múltiples, establece ecuaciones que correlacionan directamente el porcentaje de arcilla, materia orgánica y el contenido de óxido de aluminio libre con el valor de la CIC, e inversa para el porcentaje de carbonatos.

El contenido en óxido de hierro total de la fracción tierra fina se correlaciona en otra ecuación con el porcentaje de arcilla y el pH del suelo, siendo inversa la correlación entre éste parámetro y el contenido en carbonatos. De la misma forma el porcentaje de óxido de aluminio total en la fracción tierra fina, se relaciona con el porcentaje de óxido de hierro total en esta misma fracción, y con el de CIC.

## BIBLIOGRAFIA

- ABRISQUETA, C. y ROMERO, M., 1969. Digestión húmeda rápida de suelos y materiales orgánicos. *An. Edafol. Agrobiol.*, 28: 875-869.
- BLACK, C. A., 1965. *Methods of Soil Analysis. I y II.* Amer. Soc. of Agronomy. Madison. USA.
- BREMNER, J. M., 1965. Total Nitrogen in *Methods of Soil Analysis*, 1965. BLACK, C. A. (Ed). American Soc. of Agronomy. Madison. USA.
- F. A. O., 1970. *Guías para la descripción de perfiles de suelos.* F.A.O. Roma.
- F. A. O. - U. N. E. S. C. O., 1988. *Soil map of the world 1:5,000,000 Revised Legend.* Roma.
- GUITIAN, F. y CARBALLAS, T., 1976. *Técnicas de análisis de suelos.* Ed. Pico Sacro. Santiago de Compostela.
- IGGY LITAOR, M., DAN, Y. and KOYUMDJISKY, H., 1989. Factor Analysis of a lithosequence in the Northeastern Samaria Steppe (Israel). *Geoderma*, 4: 1-17.
- JACKSON, M. L., 1958. *Soil Chemical Analysis.* Prentice Hall Inc. Englewood Cliff. Londres.
- MÉTODOS OFICIALES DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS., 1974. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- NORUSSIS, M. J., 1986. *Advanced Statistics SPSS/PC+ for the IBM PC/XT/AT*, SPSS Inc., Chicago, 1986.

- OLSEN, S. R. and DEAN, L. A., 1965. Phosphorous in Methods of Soil Science. BLACK, C. A. (Ed). Amer. Soc. of Agronomy, Madison. USA.
- RICHARDS, L. A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Salinity Laboratory Staff.
- SCHWERTMANN, U. and FISCHER, W. R., 1973. Natural amorphous ferric hydroxide. Geoderma, 10, 237-247.
- SORIANO, M.<sup>a</sup> D., 1989. Factores formadores y características generales de los Luvisoles desarrollados sobre materiales calizos y su distribución en la provincia de Valencia. An. Edafol. Agrobiol., 48: 799-812.
- WALKLEY, A. and BLACK, I. A., 1934. An examination of the Degtjarett method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

*Recibido: 5-6-90.*

*Aceptado: 8-7-91.*