

DETERMINACION DE ELEMENTOS-TRAZA Y DISTRIBUCION EN LAS DISTINTAS FRACCIONES DEL SUELO

II. SUELOS FERSIALITICOS LAVADOS CON RESERVA CALCICA

por

M. LACHICA (*), C. MAQUEDA (**), J. L. PEREZ RODRIGUEZ (**)
y J. AGUILAR (***)

SUMMARY

DETERMINATION OF TRACE-ELEMENTS AND THEIR DISTRIBUTION IN DIFFERENT FRACTIONS OF THE SOIL. II. LEACHED FERSIALITIC SOILS WITH CALCIUM RESERVES

Two leached fersialitic soil profiles with calcium reserves are divided into eight different fractions according to the particle size.

Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Ga, Ge, Hg, In, La, Li, Mo, Mn, Ni, Pb, Rb, Sn, Sr, Th, Tl, V, W, Y and Zr are determined by spectrography in each fraction of each horizon of the profiles.

The results show the contribution to the total of the soil of every fraction for each of the elements studied.

INTRODUCCIÓN

En un trabajo anterior (Maqueda y col.) se hacía ver la importancia que tiene el estudio del contenido en elementos-traza y su distribución en los horizontes del suelo, para estimar el grado de influencia de factores edafogenéticos que intervienen en el desarrollo del perfil; asimismo dicho contenido condiciona una cierta correlación entre contenido total y asimilable, la cual se encuentra subordinada a la asociación con

(*) Estación Experimental del Zaidín del C. S. I. C. Granada (España).

(**) Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto del C. S. I. C. Sevilla (España).

(***) Departamento de Edafología. Universidad de Granada.

un determinado tamaño de partícula y con la presencia de algunos minerales característicos en éstas.

Consecuentes con esta idea, en el presente trabajo se programó la determinación del contenido total de una serie de oligoelementos, su estudio por separado en distintas fracciones de los horizontes componentes del perfil y su relación con los minerales presentes en dos suelos fersialíticos lavados con reserva cálcica (Commission de Pédologie et de Cartographie des sols, 1967).

PARTE EXPERIMENTAL

Descripción de los perfiles

Perfil I

Localidad: término municipal de Andújar (Jaén - España).

Situación: carretera Andújar-Bailén. A 18 Km. de Andújar. Camino a la derecha de la carretera.

Orientación: Este-Oeste.

Inclinación: 2 por 100.

Drenaje: medio.

Geología: pérmico

Utilización del suelo: cultivo de olivar.

Tipo de suelo: fersialítico lavado con reserva cálcica.

Horiz.	Prof. cms.	Descripción
Ap	0-20	Textura franco-arcillo-arenosa. Estructura poliédrica. Color rojo. Sin carbonatos.
B ₂	> 20	Textura arcillosa. Estructura poliédrica. Color rojo fuerte. Muy ligeramente calcáreo.

Perfil II

Localidad: término municipal de Andújar (Jaén - España).

Situación: carretera de Marmolejo a Venta de Cardeña (Km. 5). Lado izquierdo de la carretera.

Inclinación: 0 por 100.

Drenaje: bueno.

Geología: marga.

Utilización del suelo: cultivo de olivar.

Tipo de suelo: fersialítico lavado con reserva cálcica.

Horiz.	Prof. cms.	Descripción
A _p	0-20	Textura franco-arenosa. Estructura poliédrica. Color rojo. Abundantes carbonatos.
B ₂	20-35	Textura franco-arcillo-arenosa. Estructura poliédrica. Color rojo más oscuro. Carbonatos en cantidad media. Marga caliza. Textura franco-arenosa. Abundantes carbonatos.

Métodos de análisis

La separación de fracciones, análisis espectrográfico, el análisis por difracción de rayos X, el análisis mineralógico de las arenas, así como el resto de determinaciones complementarias se realizaron de idéntica forma a la descrita en nuestro anterior trabajo (Maqueda y col.).

RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSIÓN

PERFIL I

Caracteres físicos y químicos del perfil

Según los datos analíticos de las tablas I y II, se trata de un suelo que tiene un *pH ligeramente ácido* en el horizonte superior y el contenido en carbonatos es nulo, habiendo una ligerísima cantidad de éstos en el inferior.

TABLA I

Análisis mecánico

Horizonte	Fracciones (micras)							
	< 2	2-10	10-20	20-48	48-100	100-200	200-390	> 390
A _p	20,30	8,00	12,00	6,82	9,70	6,60	6,30	29,92
B ₂	60,70	12,30	5,25	2,82	3,70	1,50	1,20	10,50

Como puede observarse de los resultados de análisis mecánico se trata de un suelo con una enorme diferencia en los contenidos de arcilla de ambos horizontes, pues en el superficial sólo existe un 20 por 100, mientras en el B alcanza más del 60 por 100.

TABLA 11

Análisis químico

Horizonte	pH	Materia orgánica %	Carbonatos %
Ap	6,5	0,68	0
B ₂	7,5	0,22	0,2

*Análisis mineralógico*a) *Mineralogía de arcillas y limos*

De los diagramas de difracción de rayos X, cuyas difracciones se muestran en las tablas III y IV, se deduce para los dos horizontes del perfil la siguiente composición mineralógica:

Arcillas.—Se caracterizan por la presencia de ilita como mineral predominante, acompañado de una pequeña proporción de caolinita. Como mineral accesorio se presenta cuarzo.

Limos.—Estas fracciones presentan características similares a las de las arcillas en cuanto a los minerales presentes, estando compuestos por una gran proporción de mica (ilita y moscovita) y muy poca caolinita. Como minerales accesorios presentan abundante cuarzo y algo de feldespatos.

b) *Mineralogía de arenas*

Del estudio mineralógico de las fracciones arena fina, resumido en la tabla V, se deduce:

Horizonte Ap.—Los agregados de hierro y las micas (alteradas) aumentan en la fracción más gruesa, mientras el cuarzo disminuye. Esta misma fracción se caracteriza por ser la más rica en minerales accesorios, siendo el rutilo relativamente abundante y estando también

presentes circón, granate, andalucita, calcedonia, augita y algunas biotitas. La diferencia principal entre las fracciones 48-100 micras y 20-48 micras es que en la primera hay granate como mineral accesorio y en la segunda hiperstena.

Horizonte B₂.—La fracción 20-48 micras está constituida solamente por gran cantidad de cuarzo y algunas micas; la fracción 48-100 micras por circón, algún granate, algunas biotitas y agregados de hierro junto a abundante cuarzo y alguna mica. La constitución mineralógica de la fracción 100-200 micras contiene bastantes agregados de hierro, algunas micas, abundante cuarzo, clorita atacada y andalucita.

TABLA III

Fracciones arcilla y limo. Difracciones e intensidades de los diagramas de rayos X. Método de polvo

Arcilla				Limo			
Horizonte Ap		Horizonte B ₂		Horizonte Ap		Horizonte B ₂	
d A	I/I ₀	d A	I/I ₀	d A	I/I ₀	d A	I/I ₀
9,98	8	9,98	8	9,98	2	9,98	3
7,10	1	7,10	1	4,98	1	4,98	1
4,98	2	4,98	2	4,47	1	4,47	4
4,47	9	4,47	9	4,26	5	4,26	5
4,26	2	4,26	2	3,52	1	3,48	1
3,52	1	3,52	1	3,34	10	3,20	1
3,34	10	3,34	10	3,22	1	2,98	1
3,20	2	3,20	2	2,98	1	2,56	4
2,98	2	2,98	2	2,87	1	2,45	4
2,57	10	2,57	10	2,79	1	2,38	2
2,45	3	2,45	3	2,56	2	2,28	4
2,38	3	2,38	3	2,45	3	2,27	2
2,13	3	2,13	3	2,38	1	2,12	4
1,99	2	1,99	2	2,28	3	1,99	3
1,81	2	1,81	2	2,24	2	1,81	5
1,66	3	1,66	3	2,13	3	1,66	3
1,54	2	1,54	2	1,99	3	1,53	5
1,50	7	1,50	7	1,81	4	1,50	3
				1,66	3		
				1,53	5		
				1,50	3		

T A B L A I V

Fracciones arcilla y limo. Difracciones e intensidades de los diagramas de rayos X

Muestra	A. O.		A. O. + E. G.	
	dA	I/I ₀	dA	I/I ₀
Horizonte Ap	9,98	mmf	9,98	mmf
< 2 μ	7,10	d	7,10	d
Horizonte B ₂	9,98	mmf	9,98	mmf
< 2 μ	7,10	d	7,10	d
Horizonte Ap	7,98	mmf	9,98	mmf
2- 10 μ	7,10	d	7,10	d
Horizonte B ₂	9,98	mmf	9,98	mmf
2 10 μ	7,10	d	7,10	d

mmf = muy muy fuerte;

d = débil.

T A B L A V

Análisis mineralógico

Minerales	Horizonte Ap			Horizonte B ₂		
	20-48 μ	48-100μ	100-200μ	20-48 μ	48-100μ	100-200μ
Agregados hierro	p	p	a	—	p	p
Andalucita	—	—	r	—	—	r
Augita	—	—	r	—	—	—
Biotita	r	r	r	—	r	—
Calcedonia	—	—	r	—	—	—
Clorita	r	—	—	—	—	r
Circón	—	—	r	—	p	—
Cuarzo	a	a	p	a	a	a
Granate	—	r	r	—	r	—
Hiperstena	r	—	—	—	—	—
Mica	r	r	p	p	r	p
Rutilo	—	—	p	—	—	—

Escala de Tyler y Marden: a-abundante; p-presente; r-raro.

Elementos-traza

De la observación de las tablas VI y VII se deduce que este perfil presenta un contenido alto de la mayoría de los elementos-traza en relación con los indicados por la bibliografía: Swaine (1955) y Vinogradov (1938).

Los elementos: plata, arsénico, berilio, bismuto, cadmio, mercurio, germanio, indio, molibdeno, antimonio, estaño, torio, talio y wolframio no han sido detectados, posiblemente por estar en concentraciones inferiores al límite de sensibilidad del método utilizado.

En las gráficas 1 y 2 se ha hecho una representación en escala logarítmica del contenido total de los elementos, en gramos por tonelada de suelo, de cada una de las fracciones (numeradas del 1 al 8, en orden creciente del tamaño de partícula) y del horizonte correspondiente (S) sin fraccionar. Para ello, el valor obtenido para la concentración del elemento se ha multiplicado por el correspondiente porcentaje de la fracción a la que pertenece, habiéndose dividido este resultado por 100.

Esta expresión, como indicamos en nuestro anterior trabajo (Maqueda y col.), permite calcular fácilmente la cantidad total de elemento presente en una hectárea de suelo, conociendo previamente su densidad. De este modo se obtiene una idea más exacta del verdadero contenido de elementos en el suelo para fines agrícolas con vistas a la exportación de aquéllos por parte de las plantas cultivadas en el mismo. Por otra parte, esta representación conduce a la comprobación de los resultados analíticos obtenidos para cada una de las fracciones del suelo separadamente.

a) *Bario*

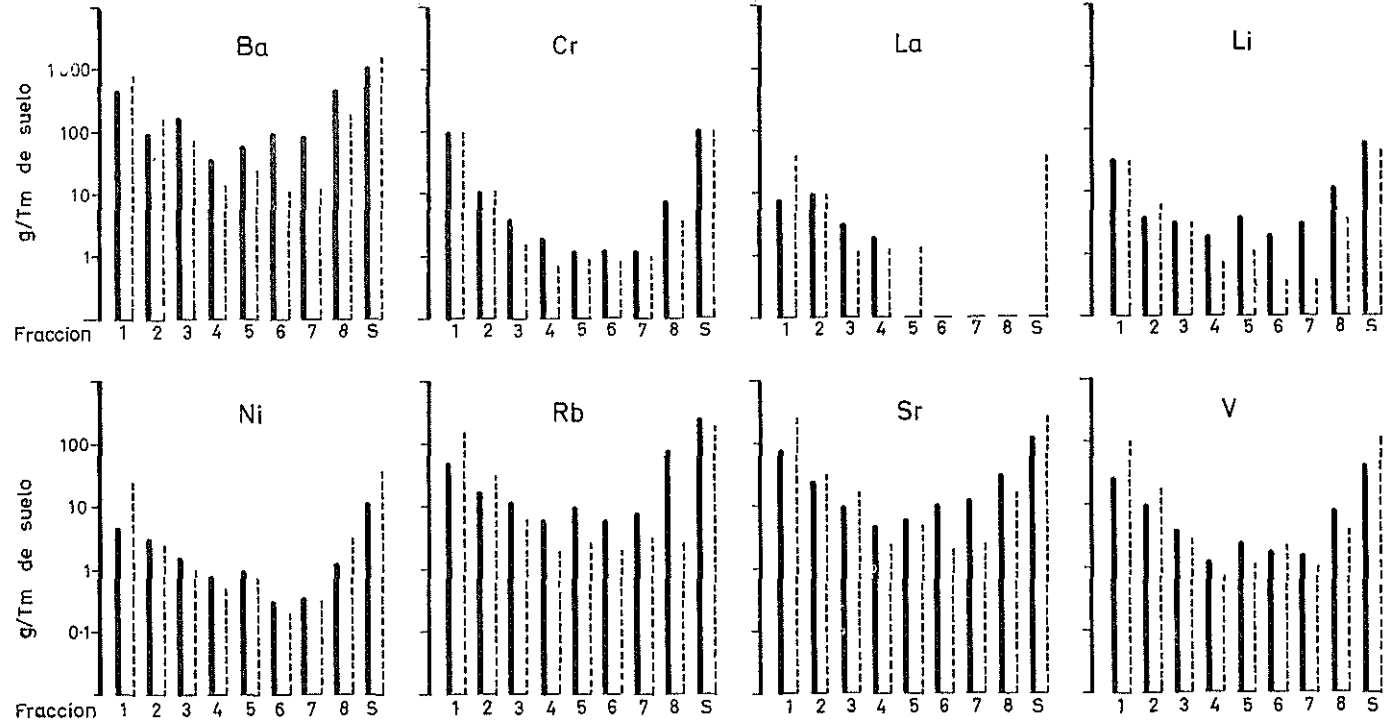
El contenido medio en este elemento es muy elevado (1.750 p.p.m.), siendo algo más alto en el horizonte B₂.

En cuanto a la distribución entre fracciones las mayores concentraciones se presentan en las más finas y en las más gruesas, lo que creemos está relacionado con la abundancia de minerales micáceos. Las fracciones intermedias son las más pobres en este elemento.

Lo mismo ocurre para el contenido total de bario (gráfica 1), que son las fracciones extremas las que más contribuyen al total encontrado en el suelo, si bien siempre existe en las finas un valor potencial más elevado en cuanto a interés agrícola se refiere.

b) *Cobalto*

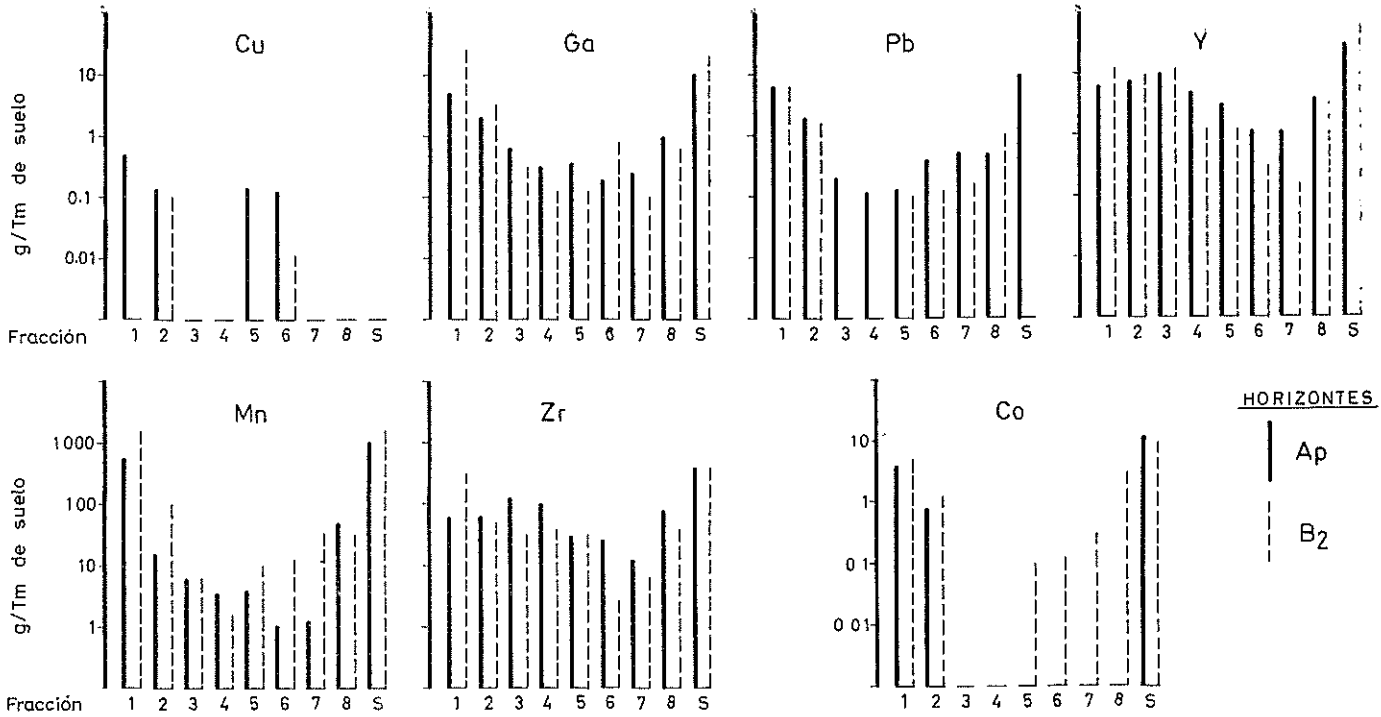
El contenido medio es de unas 13 p.p.m., detectándose solamente en las fracciones arcilla del horizonte superior; sin embargo, en el



HORIZONTE

| Ap
 - - - B₂

Gráfica 1.—Contenido total de Bario, Cromo, Lantano, Litio, Níquel, Rubidio, Estroncio y Vanadio



Gráfica 2.—Contenido total de Cobre, Galio, Plomo, Itrio, Manganeso, Zirconio y Cobalto

TABLA VI

Perfil I. Horizonte Ap. Contenido en elementos-traza del suelo y sus distintas fracciones (p. p. m.)

Elemento	Fracciones (micras)								Suelo
	< 2.	2-10	10-20	20-48	48-100	100-200	200-890	> 390	
Ag	—	—	—	—	—	—	—	—	—
As	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ba	2.500	1.500	2.000	600	800	1.500	1.500	1.500	1.500
Be	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bi	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cd	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Co	20	10	—	—	—	—	—	—	15
Cr	600	150	40	30	20	30	30	30	150
Cu	3	2	< 1	< 1	2	3	< 1	< 1	< 1
Ga	25	30	6	6	4	4	6	4	10
Ge	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hg	—	—	—	—	—	—	—	—	—
In	—	—	—	—	—	—	—	—	—
La	40	200	30	30	—	—	—	?	< 30
Li	200	60	30	30	60	40	60	40	80
Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mn	3.000	300	60	60	60	20	30	200	1.000
Ni	35	30	20	20	10	10	6	8	20
Pb	30	30	2	2	2	6	10	2	10
Rb	350	300	150	100	150	100	250	300	250
Sb	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sn	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sr	400	300	100	100	80	250	300	150	200
Th	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tl	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	150	150	40	20	30	30	30	30	50
W	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Y	30	100	100	80	40	30	25	20	40
Zr	400	1.000	1.500	1.500	400	600	300	300	600

inferior se encontró, además, en las fracciones arena gruesa, lo que indica la existencia de minerales primarios sin alterar y resistentes a la erosión.

La fracción que más contribuye al total (gráfica 2) es la arcilla. En el horizonte B₂, la fracción > 390 micras contribuye en gran cuantía, casi similar a la de la arcilla, hecho que está en relación con lo dicho anteriormente, ya que no es grande la proporción de arena gruesa en este horizonte.

TABLA VII

Perfil I. Horizonte B₂. Contenido en elementos-traza del suelo y sus distintas fracciones (p. p. m.)

Elemento	Fracciones (micras)								Suelo
	< 2	2-10	10-20	20-48	48-100	100-200	200-390	> 390	
Ag	—	—	—	—	—	—	—	—	—
As	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ba	1.500	2.000	1.500	800	1.000	1.000	1.500	2.000	2.000
Be	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bi	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cd	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Co	10	10	—	—	3	10	30	30	10
Cr	200	150	30	30	25	60	80	40	100
Cu	< 1	1	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1
Ga	40	30	8	8	6	60	8	6	25
Ge	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hg	—	—	—	—	—	—	—	—	—
In	—	—	—	—	—	—	—	—	—
La	30	100	30	60	60	?	< 30	< 30	40
Li	60	60	80	30	40	30	40	40	50
Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mn	3.500	1.000	100	80	300	1.500	3.500	300	2.000
Ni	60	30	20	25	25	20	40	30	40
Pb	10	15	< 3	< 3	3	10	20	10	< 3
Rb	400	300	100	100	100	150	300	30	300
Sn	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sr	400	300	300	100	200	150	200	150	300
Th	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tl	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	200	150	60	25	40	200	100	40	150
W	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Y	30	100	300	60	60	25	20	30	60
Zr	600	600	600	1.500	1.000	200	600	400	600

c) Cromo

Presenta una concentración media de 125 p.p.m., disminuyendo un poco al descender en el perfil. En el horizonte superficial la concentración de este elemento en la fracción arcilla es muy grande en comparación con la que se presenta en las demás fracciones, siendo esta diferencia menor en el horizonte B₂.

El que el cromo se encuentre especialmente en el horizonte super-

ficial no parece lógico a primera vista, comparando las texturas de sus dos horizontes. Ahora bien, atendiendo a sus caracteres químicos es perfectamente explicable que se lave algo el elemento contenido en el horizonte B₂.

Se observa en la gráfica 1 que la mayor contribución al contenido total es por parte de la arcilla, aunque ésta no sea la fracción dominante, tal como ocurre en el horizonte Ap.

d) *Cobre*

El contenido medio es cercano a 1 p.p.m., estando situado por debajo de los contenidos medios dados por la bibliografía. Su distribución es bastante irregular en las distintas fracciones, especialmente en el horizonte superior.

En cuanto al contenido total (gráfica 2), lo único destacable, dados los pocos datos disponibles, es la gran contribución de la fracción arcilla del horizonte Ap, hecho relacionado con la abundancia en la misma de minerales de la arcilla en los que está presente el cobre.

e) *Galio*

Presenta un contenido medio de unas 18 p.p.m. Un incremento considerable se aprecia para el Ga al descender en el perfil.

En cuanto a la distribución entre fracciones, se concentra fundamentalmente en la fracción arcilla, si bien, de una manera general, podemos afirmar que dicha concentración está en razón inversa al tamaño de partícula. Como excepción tenemos la fracción 100-200 micras del horizonte B₂, que es la que contiene mayor concentración de este elemento. Suponemos que se debe a la presencia en esta fracción de algún mineral primario tipo clorita, enriquecido parcialmente en galio.

El galio total del suelo (gráfica 2) está prácticamente acumulado en las fracciones más finas y de manera especial en la arcilla.

f) *Lantano e itrio*

El lantano presenta un contenido medio de unas 30 p.p.m., aumentando en el horizonte inferior, el cual alcanza un valor relativamente alto. El itrio presenta un contenido medio de 50 p.p.m., experimentando también un aumento con la profundidad.

Ambos elementos se acumulan en las fracciones comprendidas entre 2 y 20 micras. Esta observación, en conexión con los resultados de análisis:

mineralógico, nos hace ver la existencia de una cierta relación positiva entre los minerales existentes en las mencionadas fracciones y la concentración de estos elementos en las mismas. Nos referimos en especial a aquellos minerales (moscovita, hornblenda, circón, etc.) en los que se dan con frecuencia incrustaciones de apatito y titanita, que son los que fundamentalmente suelen ser portadores de elementos raros.

En cuanto al contenido total (gráficas 1 y 2) son las fracciones arcilla y limo las que más contribuyen al total del suelo. Aunque se nota el «peso» del mayor porcentaje de arcilla, especialmente en el horizonte B₂, es digno de destacarse que, aun con porcentajes pequeños de limo, es muy grande la contribución de estas fracciones al total del suelo; por ejemplo, para el itrio en la fracción 10-20 micras del horizonte B₂.

g) *Litio*

Presenta un contenido medio que cae dentro de los límites normales dados por la bibliografía: 65 p.p.m., disminuyendo notoriamente al descender en el perfil, lo cual parece venir condicionado por los valores encontrados para pH y carbonatos. Hay que resaltar la gran acumulación de este elemento en la arcilla del horizonte superior, siendo en el inferior la fracción de 10-20 micras la que presenta un ligero aumento con respecto a los demás. El hecho de que se presenten los valores más elevados en las fracciones finas indica que durante el proceso de erosión tiene lugar una cesión de litio que se incorpora a la red cristalina de los minerales propios de las arcillas y limos, situándose en posiciones de cambio de estos minerales.

Según puede observarse en la gráfica 1, es la arcilla la que más contribuye al contenido total, siendo además muy apreciable la contribución de la arena gruesa debido a su más alto porcentaje.

h) *Manganeso*

El contenido medio en manganeso es bastante elevado, 1.500 p.p.m., acumulándose preferentemente en el horizonte B₂.

En las fracciones finas es donde, en general, se presentan los valores más elevados. Ello indica que durante el proceso de erosión tiene lugar una cesión del manganeso presente en las arenas, el cual probablemente se inmoviliza en forma de óxidos insolubles, impregnando las partículas ligeras o incorporándose a la red cristalina de minerales de la arcilla o como manganeso de cambio (González García y Mazuelos, 1960): como excepción tenemos las fracciones más gruesas de 200 micras del horizonte B₃, en las que los valores se igualan con la arcilla. No nos es posible razonar el por qué de estas distribuciones, ya que no disponemos del análisis mineralógico de las arenas gruesas.

La observación de la gráfica 2 nos permite deducir que la contribución al contenido total del suelo más importante es la de la arcilla, incluso en el horizonte Ap, donde el porcentaje de ésta es más pequeño que la de la fracción mayor de 390 micras.

i) *Níquel*

Tiene el perfil un contenido medio de 30 p.p.m., duplicándose su concentración al pasar del horizonte superior al inferior. La mayor concentración se da, en general, en las fracciones más finas, especialmente en la arcilla.

Las fracciones finas son las que más contribuyen al total, según se deduce de la gráfica 1.

j) *Plomo*

El contenido medio es de unas 5 p.p.m.; su concentración disminuye apreciablemente al descender en el perfil. Presenta, en general, una concentración preferente en las fracciones finas y de manera especial en la arcilla.

k) *Rubidio*

Presenta un contenido medio bastante elevado: 275 p.p.m., aumentando algo su concentración en el horizonte inferior. Los mayores valores corresponden a las fracciones más finas, por una parte, y a alguna de las gruesas por otra; este último hecho no lo podemos explicar por no disponer del correspondiente análisis mineralógico. Resulta lógico el hecho de su concentración en la arcilla, como corresponde a la existencia en la misma de minerales potásicos, a cuyo elemento es al que, esencialmente, sustituye el rubidio. En términos generales puede decirse que a menor tamaño de partícula mayor es la contribución al contenido total del suelo, como puede apreciarse en la gráfica 1, siendo por tanto en la fracción arcilla donde reside el mayor potencial de este elemento, excepción hecha de la arena gruesa del horizonte Ap, dado su mayor porcentaje.

l) *Estroncio*

El contenido medio es de 250 p.p.m., aumentando su concentración en el horizonte B₂, como corresponde a sus distintos caracteres quími-

cos. Se acumula preferentemente en las arcillas, distribuyéndose irregularmente en las demás fracciones, lo que viene condicionado por la presencia de minerales en los que puede estar presente con una mayor facilidad, sustituyendo especialmente a calcio y potasio. La fracción que más contribuye al total es la arcilla, como puede observarse en la gráfica 1.

m) *Vanadio*

El valor medio es de 100 p.p.m., presentando un gran aumento con la profundidad debido, al parecer, a su mayor concentración en algunas de las fracciones arena, en relación con el horizonte superior. Tiende a concentrarse en las fracciones finas, exceptuando las comprendidas entre 100 y 390 micras del horizonte B₂.

En cuanto al contenido total son las fracciones arcilla y limo las que más contribuyen al total del suelo, según se aprecia en la gráfica 1.

n) *Zirconio*

El contenido medio es alto, 600 p.p.m., permaneciendo constante en los dos horizontes, siendo las fracciones intermedias las que más fuertemente lo concentran. Presentan una distribución irregular. Hubiera sido de esperar que, puesto que la fuente de zirconio en los suelos es el circón —su mineral más extendido—, que es considerado como una de las especies más estables, debería presentarse un mayor contenido en las fracciones más gruesas; en cambio, el hecho de haberlo encontrado distribuido entre las fracciones de muy diverso tamaño de partícula es explicable, de acuerdo con Pérez Mateos (1965), quien considera que las frecuentes inclusiones encontradas en el mencionado mineral le hacen bastante erosionable.

En cuanto al contenido total, de acuerdo con lo dicho anteriormente, la contribución es más o menos regular a través de las distintas fracciones, según se aprecia en la gráfica 2.

PERFIL II

Caracteres físicos y químicos del perfil

Según los datos analíticos de las tablas VIII y IX, tiene un pH relativamente alto y muy bajo contenido en materia orgánica: el porcentaje de carbonatos es elevado en el horizonte inferior, medio en el superior y bajo en el B₂. Se trata de un suelo con bajo contenido en

arcilla en los horizontes superficial y más profundo, alcanzando valores de casi el doble en el horizonte intermedio. La arena presenta valores altos en todos los horizontes.

TABLA VIII

Análisis mecánico

Horizonte	Fracciones (micras)							
	< 2	2-10	10	20	20-48	48-100	100-200	200-390
A _p	17,80	3,20	1,00	4,18	36,20	28,40	3,40	4,30
B ₂	30,00	3,20	2,20	3,14	23,99	26,42	3,04	8,60
C	17,60	7,50	3,00	2,95	17,40	28,44	6,10	14,14

TABLA IX

Análisis químico

Horizonte	pH	Materia orgánica %	Carbonatos %
A _p	7,5	0,50	16,30
B ₂	7,3	0,66	4,16
C	7,4	0,50	27,60

*Análisis mineralógico*a) *Mineralogía de arcillas y limos*

De los diagramas de difracción de rayos X, cuyas difracciones se muestran en las tablas X, XI y XII, se deduce para los horizontes de este perfil la siguiente composición mineralógica:

Arcillas.—Se caracterizan por la existencia predominante de ilita, seguida por montmorillonita y existiendo además una pequeña proporción de caolinita. Como mineral accesorio se presenta cuarzo.

T A B L A X

*Fracción arcilla. Difracciones e intensidades de los diagramas de rayos X.
Método de polvo*

Horizonte Ap		Horizonte B ₂		Horizonte C	
d A	I/I ₀	d A	I/I ₀	d A	I/I ₀
16,98	1	16,98	4	16,98	5
9,98	5	9,98	6	9,98	7
7,10	2	7,10	1	7,10	1
4,98	2	4,98	1	4,98	1
4,47	9	4,47	10	4,47	9
4,26	1	4,26	1	3,34	10
3,50	1	3,34	9	3,20	1
3,34	10	3,20	2	2,98	2
3,20	1	2,98	2	2,86	1
2,98	2	2,80	1	2,56	2
2,86	1	2,56	10	2,46	2
2,56	9	2,45	3	2,38	2
2,45	2	2,38	3	2,12	4
2,38	2	2,24	2	1,99	4
2,12	3	2,13	2	1,81	2
1,99	3	1,99	2	1,66	4
1,81	3	1,66	3	1,54	1
1,66	3	1,54	1	1,50	5
1,54	1	1,50	8		
1,50	6				

Limos.—Se observa la ausencia de mineral montmorillonítico, siendo la mica muy abundante y la proporción de caolinita muy pequeña. Existe abundancia de cuarzo y algo de feldespato.

b) *Mineralogía de arenas*

De acuerdo con la tabla XIII, la composición mineralógica de las fracciones arena fina es la siguiente:

Horizonte Ap.—Se caracteriza por contener algún agregado de hierro, bastante cuarzo en las fracciones 48-100 y 100-200 micras, siendo las micas abundantes (especialmente moscovita) en la última fracción. Como mineral accesorio se puede citar algún granate y rutilo en las fracciones de 20-48 y 100-200 micras, respectivamente.

TABLA XI

Fracción limo. Difracciones e intensidades de los diagramas de rayos X. Método de polvo

Horizonte Ap		Horizonte B ₂		Horizonte C	
d A	I/I ₀	d A	I/I ₀	d A	I/I ₀
9,98	1	9,98	2	9,98	1
7,10	1	4,98	1	4,47	4
4,47	4	4,47	1	4,26	5
4,26	5	4,26	5	3,74	1
3,34	10	3,34	10	3,34	10
3,20	1	3,20	1	3,20	1
2,98	1	2,99	1	2,79	1
2,56	5	2,57	2	2,56	4
2,45	4	2,45	2	2,45	5
2,38	2	2,39	1	2,38	4
2,28	2	2,24	2	2,28	5
2,13	4	1,98	2	2,24	5
1,99	3	1,81	1	2,13	5
1,81	4	1,67	3	1,99	5
1,66	3	1,54	2	1,81	6
1,54	4	1,50	3	1,66	5
1,50	3			1,54	5
				1,50	3

Horizonte B₂.—Contiene algo más de cuarzo que el anterior; hay micas en las fracciones de 20-48 y 48-100 micras, siendo característica de esta última fracción la presencia de bastantes hornblendas que no existen en las otras, así como alguna augita y epidota. La turmalina es abundante, existiendo la variedad conocida como «chorlo negro»; las micas en la fracción de 48-100 micras están alteradas a illita, existiendo también algo de rutilo, granate y bastante circón. La fracción de 20-48 micras contiene andalucita, algún piroxeno, biotita y epidota, como minerales accesorios. El cuarzo es abundantísimo, especialmente en la fracción de 100-200 micras, existiendo además algunos agregados de hierro.

Horizonte C.—Por la diversidad de minerales encontrados es más rico que los anteriores. En la fracción 20-48 micras presenta circón, cuarzo, alguna biotita, algunos agregados de hierro, mucha clorita y cloritoides, augita y mica. En la fracción 48-100 micras existen bastantes agregados de hierro, micas y alguna biotita; también están pre-

sentes andalucita, rutilo, granate y piroxenos. En la fracción de 100-200 micras existe bastante mica, mucho cuarzo y agregados de hierro, así como rutilos y bastantes biotitas, muchas de ellas atacadas.

TABLA XII

Fracciones arcilla y limo. Difracciones e intensidades de los diagramas de rayos X

Muestra	A. O.		A. O. + E. G		A. O. + Glicerol		A. O. 550° C	
	dA	I/I ₀	dA	I/I ₀	dA	I/I ₀	dA	I/I ₀
Horizonte Ap < 2 μ	14,14	m	16,98	m	18,30	m	—	—
	9,98	mf	9,98	mf	9,98	mf	9,98	mf
	7,10	d	7,10	d	7,10	d	—	—
Horizonte B ₂ < 2 μ	14,14	m	16,98	m	18,30	m	—	—
	9,98	mf	9,98	mf	9,98	mf	9,98	mf
	7,10	d	7,10	d	7,10	d	—	—
Horizonte C < 2 μ	14,14	f	16,98	m	18,30	m	—	—
	9,98	mf	9,98	mf	9,98	mf	9,98	mf
	7,10	d	7,10	d	7,10	d	—	—
Horizonte Ap 2 - 10 μ	9,98	mf	9,98	mf				
	7,10	d	7,10	d				
Horizonte B ₂ 2 - 10 μ	9,98	mf	9,98	mf				
	7,10	d	7,10	d				
Horizonte C 2 - 10 μ	9,98	mf	9,98	mf				
	7,10	d	7,17	d				

mmf = muy muy fuerte; mf = muy fuerte; f = fuerte; m = media; d = débil.

Elementos-traza

Como se deduce de las tablas XIV, XV y XVI la mayoría de los elementos presentan su más alta concentración en el horizonte intermedio y las más bajas en el inferior.

Los elementos plata, arsénico, berilio, bismuto, cadmio, germanio, mercurio, indio, molibdeno, antimonio, estaño, torio, talio y wolframio no han sido detectados, de manera análoga a lo que hemos visto en el anterior suelo estudiado.

TABLA XIII

Análisis mineralógico

Minerales	Horizonte A _p			Horizonte B ₂			Horizonte C		
	20-48 μ	48-100 μ	100-200 μ	20-48 μ	48-100 μ	100-200 μ	20-48 μ	48-100 μ	100-200 μ
Agregados hierro...	p	p	p	a	—	p	p	p	a
Andalucita	—	—	—	r	—	—	—	r	—
Augita	—	—	—	—	r	—	r	—	—
Biotita	—	—	—	r	—	—	r	r	p
Circón	—	—	—	p	p	—	r	—	—
Clorita	—	—	—	—	—	—	p	r	—
Cuarzo	p	a	a	a	a	a	p	a	a
Epidota	—	—	—	r	r	—	—	—	—
Granate	r	—	—	r	r	—	—	r	—
Hornblenda	—	—	—	—	p	—	—	—	—
Mica	p	a	a	p	p	—	p	p	p
Piroxeno	—	—	—	r	—	—	—	r	—
Rutilo	—	—	r	p	r	—	—	r	p
Turmalina	—	—	—	—	p	—	—	—	—

Escala de Tyler y Marden: *a*-bundante, *p*-resente, *r*-aro.

TABLA XIV

Perfil II. Horizonte Ap. Contenido en elementos-traza del suelo y sus distintas fracciones (p. p. m.)

Elemento	Fracciones (micras)								Suelo
	< 2 μ	2-10 μ	10-20 μ	20-45 μ	45-100 μ	100-200 μ	200-390 μ	> 390 μ	
Ag	—	—	—	—	—	—	—	—	—
As	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ba	200	200	250	300	500	600	150	3	300
Be	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bi	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cd	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Co	10	10	8	3	—	—	—	—	6
Cr	80	60	30	30	30	10	10	3	40
Cu	1	3	1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	1
Ga	20	30	20	6	3	2	—	< 1	6
Ge	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hg	—	—	—	—	—	—	—	—	—
In	—	—	—	—	—	—	—	—	—
La	< 30	< 30	30	100	30	< 30	< 30	—	< 30
Li	25	20	25	25	20	15	4	2	20
Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mn	200	200	100	80	30	30	1	1	100
Ni	30	20	20	15	10	—	—	—	15
Pb	200	25	10	3	< 3	< 3	< 3	< 3	30
Rb	100	100	100	100	100	150	60	3	150
Sb	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sn	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sr	60	150	100	200	100	150	150	200	100
Th	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tl	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	100	80	100	80	30	25	30	350	60
W	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Y	30	60	80	60	40	20	—	—	60
Zr	200	300	1.000	3.000	500	80	200	400	1.000

TABLA XV

Perfil II. Horizonte B₂. Contenido en elementos-traza del suelo y sus distintas fracciones (p. p. m.)

Elemento	Fracciones (micras)								Suelo
	< 2 μ	2-10μ	10-20μ	20-48μ	48-100μ	100-200μ	200-890μ	> 890μ	
Ag	—	—	—	—	—	—	—	—	—
As	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ba	600	2.000	600	400	600	1.000	200	200	500
Be	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bi	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cd	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Co	20	10	10	6	—	—	—	—	10
Cr	150	100	150	200	40	30	20	80	100
Cu	3	1	1	3	< 1	< 1	< 1	1	< 1
Ga	100	20	20	10	3	3	< 1	< 1	20
Ge	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hg	—	—	—	—	—	—	—	—	—
In	—	—	—	—	—	—	—	—	—
La	< 30	30	100	< 30	< 30	< 30	30	30	40
Li	40	60	60	20	20	20	30	3	40
Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mn	1.000	600	100	60	< 1	< 1	20	400	300
Ni	80	30	20	25	6	—	—	10	30
Pb	100	25	< 3	< 3	—	< 3	—	—	3
Rb	300	100	80	200	100	100	80	30	150
Sb	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sn	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sr	150	200	150	100	60	60	40	150	100
Th	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tl	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	200	100	80	25	30	15	20	200	100
W	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Y	60	60	100	200	25	25	20	30	40
Zr	350	300	1.000	3.000	60	100	100	400	400

TABLA XVI

Perfil II. Horizonte C. Contenido en elementos-traza del suelo y sus distintas fracciones (p. p. m.)

Elemento	Fracciones (micras)								Suelo
	< 2 μ	2-10 μ	10-20 μ	20-48 μ	48-100 μ	100-200 μ	200-390 μ	> 390 μ	
Ag	—	—	—	—	—	—	—	—	—
As	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ba	200	150	100	200	300	80	40	300	200
Be	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bi	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cd	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Co	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cr	150	30	150	20	6	20	15	3	30
Cu	40	< 1	< 1	< 1	—	< 1	< 1	< 1	< 1
Ga	15	—	< 1	< 1	< 1	3	—	< 1	< 1
Ge	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hg	—	—	—	—	—	—	—	—	—
In	—	—	—	—	—	—	—	—	—
La	< 30	< 30	< 30	—	< 30	< 30	?	—	—
Li	15	10	2	3	15	20	8	< 1	6
Mg	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mn	400	200	80	60	< 1	3	30	—	80
Ni	20	—	10	—	—	—	—	—	15
Pb	15	< 3	< 3	< 3	—	3	< 3	3	3
Rb	80	60	30	40	60	100	40	—	60
Sb	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sn	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sr	200	250	200	150	100	200	300	80	200
Th	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tl	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	100	100	150	10	30	60	300	400	150
W	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Y	20	10	40	—	25	20	—	—	30
Zr	100	80	600	—	300	300	40	400	200

a) *Bario*

El contenido medio se encuentra dentro del intervalo dado por Swaine (1955) para este elemento: 333 p.p.m. En cuanto a la distribución entre fracciones aparece una acusada acumulación en la fracción 2-10 micras del horizonte B₂ en conexión con la abundancia de ilita en dicha fracción.

En todos los horizontes la concentración aumenta en las arenas finas, hecho que está de acuerdo con la presencia en las mismas de micas, algunas de ellas incluso alteradas a ilita.

La mayor contribución al contenido total del suelo (gráfica 3) proviene, precisamente, de las fracciones citadas, dado su mayor porcentaje (tabla VIII) y más elevada concentración.

b) *Cobalto*

La concentración media de este elemento es de 5 p.p.m. Se concentra en las fracciones finas principalmente, lo que indica debe estar muy relacionado con los minerales ílíticos que son los principales componentes de estas fracciones.

En cuanto a la contribución al total (gráfica 3), es la fracción arcilla la que lo hace en mayor cuantía.

c) *Cromo*

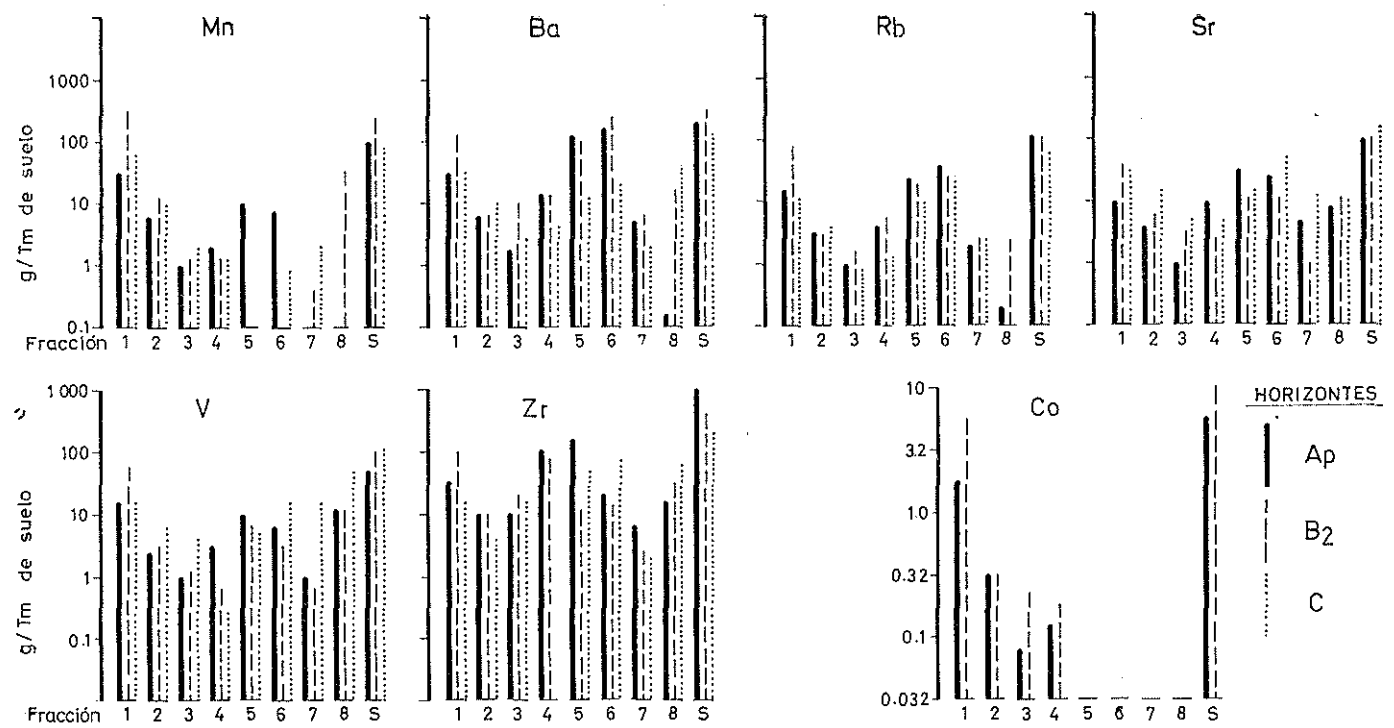
Presenta un contenido medio de 57 p.p.m.

De acuerdo con las características generales de este elemento, se concentra en la fracción menor de 2 micras, de acuerdo con la posible presencia de geles de hierro. Ahora bien, es de destacar también el aumento de la concentración de cromo en las arenas finas del horizonte B₂, lo que está en relación con la presencia de granate y abundantes agregados de hierro en estas fracciones. Creemos que a la misma causa se deberá el aumento en la fracción 10-20 micras del horizonte C, aunque no disponemos del análisis mineralógico de esta fracción.

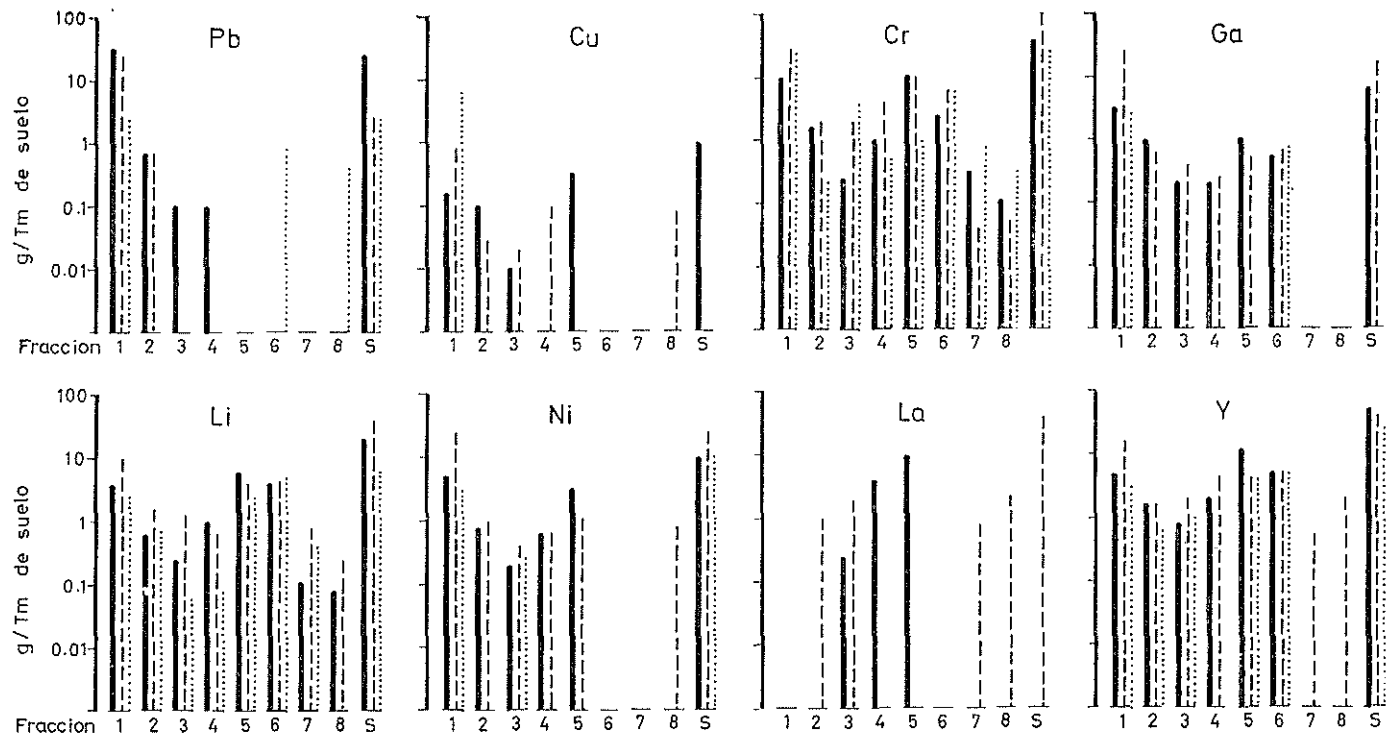
En cuanto al contenido total (gráfica 4) es la fracción arcilla la que más contribuye, existiendo también un gran aporte de las fracciones arena fina, causado por la abundancia de dichas fracciones.

d) *Cobre*

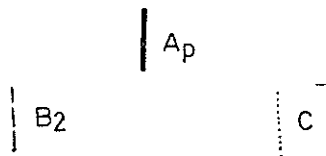
La concentración media es de algo menos de 1 p.p.m., situándose por debajo de los contenidos medios dados por los diversos autores



Gráfica 3 —Contenido total de Manganeso, Bario, Rubidio, Estroncio, Vanadio, Zirconio y Cobalto



HORIZONTES



Gráfica 4.—Contenido total de Plomo, Cobre, Cromo, Galio, Itrio, Níquel, Lantano e Itrio

(Vinogradov, 1938; Malyuga, 1950; McMurtrey y Robinson, 1938; Robinson, 1951). Se concentra preferentemente en la fracción arcilla, ya que es muy fácilmente absorbido por los minerales de ésta (Kubota, 1963; Szucs y Elek, 1962; Le Riche y Weir, 1963; Mitchell, 1964), aumentando en esta fracción considerablemente en el horizonte más profundo.

De entre los pocos datos de que se dispone parece ser que la fracción más fina es la principal contribuyente al total del suelo (gráfica 4).

e) *Galio*

Los valores encontrados para este elemento, de unas 9 p.p.m. como valor medio, concuerdan con los indicados por la bibliografía. Se acumula, generalmente, en las fracciones finas, en especial en la arcilla, seguida del limo, con notable diferencia con respecto a las demás fracciones, indicando este hecho la preferencia de este elemento por los minerales típicos de aquélla. En consecuencia con esto, la fracción que más contribuye al total del suelo es la correspondiente a la arcilla, como se observa en la gráfica 4.

f) *Lantano*

El contenido medio es de menos de 30 p.p.m., manteniéndose en el límite de sensibilidad. Parece acumularse en las fracciones comprendidas entre 10 y 48 micras de los dos horizontes más superficiales, ya que en el más profundo se encuentra por debajo del límite de sensibilidad del método analítico utilizado.

g) *Itrio*

El contenido medio es de 43 p.p.m., descendiendo su proporción con la profundidad. Al igual que el lantano se concentra especialmente en las fracciones de 10 a 48 micras, lo que hace pensar en la existencia en dichas fracciones de minerales capaces de ser portadores de elementos raros.

h) *Litio*

Presenta un contenido medio de 22 p.p.m.

Las arenas tienen, salvo raras excepciones, las más bajas proporciones de litio: la excepción de la fracción 100-200 micras del horizonte

más profundo puede ser debida a que existe una mayor cantidad de biotita, lo que justificaría una mayor concentración de este elemento.

Como puede apreciarse en la gráfica 4, las arcillas y las fracciones de 48-200 micras son las que más aportan al contenido total, estas últimas debido a su mayor porcentaje en el suelo (tabla VIII).

i) *Manganeso*

El contenido medio del perfil es de 160 p.p.m. Las fracciones finas, especialmente la arcilla, son las que presentan una mayor concentración. Ello indica que durante el proceso de erosión tiene lugar una cesión del manganeso presente en las arenas, el cual probablemente se inmovilice en forma de óxidos insolubles, impregnando las partículas ligeras o incorporándose a la red cristalina de minerales de la arcilla o como manganeso de cambio. Hay que destacar la concentración relativamente elevada de la arena gruesa del horizonte B₂, hecho que no podemos explicar por no disponer del análisis mineralógico de esta fracción.

Con respecto a la contribución de las fracciones al total del suelo, puede observarse en la gráfica 3 que, en general, son las fracciones arcilla las que más se destacan, a pesar de no ser en todos los casos las más abundantes, como puede apreciarse en la tabla VIII.

j) *Níquel*

El contenido medio es bajo. 20 p.p.m. Se encuentra principalmente en la arcilla, descendiendo a medida que aumenta el tamaño de partícula. En cuanto a la contribución al total (gráfica 4) es la fracción arcilla la que más contribuye, seguida por la de 48-100 micras de los horizontes Ap y B₂, dada la mayor abundancia de esta fracción en el suelo.

k) *Plomo*

Presenta una concentración media baja, 12 p.p.m.

Es de destacar que este elemento no se concentra en el horizonte B₂, sino en el superficial, hecho que está de acuerdo con lo encontrado por Mitchell (1944) para algunos suelos escoceses, en los que ha llegado a detectar concentraciones de hasta 1.000 p.p.m. Aunando esta observación con lo que puede apreciarse en la gráfica 4, de un mayor contenido total en la fracción arcilla de los dos horizontes más superficiales que en el total del suelo, nos obliga a pensar en la existencia

de una contaminación del mismo de origen desconocido. Por otra parte, lo que sí podemos asegurar, a la vista de los resultados, es que este elemento es concentrado, independientemente de su origen, de forma preferencial por la arcilla del suelo.

l) *Rubidio*

La concentración media del perfil es de 120 p.p.m. El contenido en este elemento es igual en los dos primeros horizontes, disminuyendo de una forma apreciable al pasar al horizonte inferior.

Se encuentra, en general, uniformemente distribuido a lo largo de las fracciones, excepto en las arenas gruesas, en que sufre un considerable descenso. Por otra parte, existe un ligero incremento en las arenas finas, hecho relacionado con la abundancia relativa de mica en las mencionadas fracciones.

La mayor contribución al total (gráfica 3) proviene de las fracciones comprendidas entre 48 y 200 micras, lo que concuerda además de con la anterior observación, con el elevado porcentaje de estas fracciones en el conjunto del suelo.

m) *Estroncio*

El contenido medio del perfil es de 133 p.p.m., acumulándose en el horizonte C como consecuencia de su mayor cantidad de carbonatos. Presenta una distribución irregular que viene condicionada por la existencia de minerales en los que puede estar presente este elemento con una mayor facilidad: este hecho se da, especialmente, en aquellos minerales en los que entran como constituyentes los elementos calcio y potasio, en los que, por razones dimensionales, con respecto a sus respectivos radios iónicos, puede entrar a sustituirlos el ión estroncio; puesto que dichos minerales se encuentran muy distribuidos entre las distintas fracciones, consideramos que es la causa fundamental, aparte de otras de tipo químico, de esta irregular distribución.

n) *Vanadio*

Presenta un contenido medio bajo, 103 p.p.m. Se concentra a medida que se profundiza en el perfil, pudiendo observarse que en este mismo sentido aumentan los minerales en los que es probable su existencia, tales como augita, biotita, rutilo, etc. (tabla XIII). Las mayores concentraciones se presentan en las fracciones extremas: arcillas, limos y arenas gruesas. Lo mismo puede decirse con respecto a la contribución

de las diferentes fracciones al total del suelo (gráfica 3), a excepción de las fracciones de 48 a 200 micras, debido a su elevado porcentaje.

o) Zirconio

El contenido medio del suelo es de 533 p.p.m. Disminuye con la profundidad, presentando el horizonte Ap un valor anormalmente alto, que responde a la característica de suelo bien desarrollado, incrementándose, por tanto, la concentración cuanto más superficial es el horizonte.

Hubiera sido de esperar que, puesto que la fuente de zirconio en los suelos es el circón —especie muy estable—, apareciera en las fracciones más gruesas; en cambio, al igual que en el caso del perfil I, son las fracciones intermedias las más ricas, sin que aparentemente se pueda explicar de una manera satisfactoria a partir de los resultados del análisis mineralógico.

La contribución al total del suelo (gráfica 3) por parte de cada una de las fracciones sigue las mismas directrices indicadas para la concentración.

Se puede resumir lo anteriormente expuesto en las siguientes características generales:

El perfil I presenta un alto contenido en la mayoría de los elementos-traza, lo que puede deberse a la riqueza del *material originario* (no habiendo podido ser confirmado, dada la gran profundidad de éste) y a la gran evolución sufrida por el suelo. En cuanto al perfil II presenta un contenido medio.

En el perfil I existe una acumulación de los elementos bario, galio, lantano, manganeso, níquel, rubidio, estroncio, itrio y vanadio en el horizonte B₂ y de cobalto, litio y plomo en el Ap, permaneciendo constante o con diferencias no significativas el cromo y el zirconio, de lo que se deduce un horizonte de acumulación de elementos. El perfil II presenta acumulación de bario, cobalto, cromo, galio, lantano, litio, manganeso y níquel en el horizonte B₂, aumentando en el superior el itrio y zirconio, quedando más patente que en el perfil anterior la existencia de un horizonte de acumulación.

Las fracciones finas, en especial la arcilla, son las que presentan una mayor acumulación de elementos-traza, como resultado de la evolución sufrida por estos suelos. Se presentan algunas excepciones, siendo de destacar: el vanadio, que presenta además valores altos en las arenas gruesas; el zirconio, que se distribuye irregularmente, y el manganeso de los horizontes B₂, con valores altos en las arenas gruesas.

En el perfil I, el Ga del horizonte B₂ presenta un valor alto para la fracción 100-200 micras.

En el perfil II, el estroncio se distribuye casi uniformemente en las

diferentes fracciones. El Ba del horizonte Ap, que es alto en las arenas finas, se distribuye, en cambio, bastante uniformemente en el horizonte C.

En cuanto a la contribución al total del suelo, son las fracciones arcilla las que, en general, aportan más.

RESUMEN

Los perfiles de dos suelos fersialíticos lavados con reserva cálcica se dividen en ocho diferentes fracciones, de acuerdo con el tamaño de partícula.

Se determinan espectrográficamente en cada fracción de cada uno de los horizontes de los perfiles los elementos Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Ga, Ge, Hg, In, La, Li, Mo, Mn, Ni, Pb, Rb, Sn, Sr, Th, Tl, V, W, Y y Zr.

Los resultados muestran la contribución al total del suelo de cada fracción para cada uno de los elementos estudiados.

BIBLIOGRAFÍA

- COMISION DE PEDOLOGIE ET DE CARTOGRAPHIE DES SOLS (1967). Classification des sols.
- DZHURKO, M. S. (1960). Sb. Nauchn-Issled Rabol Kostromik Sel' skok hoz. Inst. «Karavelovo» Kostroma, 115-119.
- GONZÁLEZ GARCÍA, F. y MAZUELOS, C. (1960). An. Edaf. y Agrobiol., XIX, 591-613.
- KUBOTA, J. (1963). Soil Sci., 99, 166-174.
- LE RICHE, H. H. y WEIR, A. H. (1963). J. Soil Sci., 14 (2), 225-235.
- MALYUGA, D. P. (1950). C. R. Acad. Sci., U. R. S. S., 31, 145-147.
- MAQUEDA, C., LACHICA, M., DELGADO, M. y PÉREZ-RODRÍGUEZ, J. L. An. Edaf. y Agrobiol. (En prensa.)
- McMURTREY, J. E. y ROBINSON, W. O. (1938). Yearb. U. S. Dep. Agric., 807-829.
- MITCHELL, R. L. (1944). Proc. Nutr. Soc., 183-189.
- MITCHELL, R. L. (1964). The Spectrochemical Analysis of soils, plants and Related Materials. Commonwealth Agricultural Bureau. Farham Royal, Bucks, England.
- PÉREZ MATEOS, J. (1965). Análisis mineralógico de arenas. M. C. A. del C. S. I. C., Madrid.
- ROBINSON, W. O. (1951). U. S. Dept. Agr. Numun. Leaflet, 9.
- SWAINE, D. J. (1955). The trace-element content of soils. Commonwealth Bureau of Soil Sci. Technical Comm. núm. 48, England.
- SZUCS, L. y ELEK, E. (1962). Agrokem. Talaftan, 11, 311-322.
- VINOGRADOV, A. P. (1938). Adv. Chem., Moscow, 7, 645-686.

Recibido para publicación: 22-I-74