

2087811

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
FACULTAD DE QUIMICAS

+
722-II

2010

CONTENIDOS DE ELEMENTOS MAYORITARIOS Y MINORITARIOS
Y SU RELACION CON PROPIEDADES FISICO QUIMICAS EN
PERFILES DE SUELOS DE LA PROVINCIA DE HUELVA.

T O M O I I



113

12

Roque Jimenez Perez

TESIS DOCTORAL
ROQUE JIMENEZ PEREZ

1.990

CONTENIDO DE ELEMENTOS MAYORITARIOS Y MINORITARIOS Y SU
RELACION CON PROPIEDADES FISICO QUIMICAS EN PERFILES DE
SUELOS DE LA PROVINCIA DE HUELVA.

Memoria presentada para aspirar
al grado de Doctor en Químicas,
por Roque Jiménez Pérez.

III.1.4. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE PIZARRAS

III.1.4. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE PIZARRAS.

En este grupo se discuten los perfiles SP-1 (Typic xerochrept), SP-2 (Ultic palexeralf) y AP-12 (Ultic haploxeralf). El material original son pizarras más o menos alteradas, constituyendo en algunos casos perfiles evolucionados y que en principio pueden aportar una amplia concentración en contenidos de elementos.

En las tablas I y II, con las correspondientes extensiones de 20 a 22 en orden según los perfiles anteriores, se presentan los datos físico-químico generales, en III-4 la capacidad de cambio catiónico. En las IV y V la estimación semicuantitativa de la mineralogía del suelo y los óxidos extraídos de Fe y Al. El análisis químico de los elementos mayoritarios y minoritarios se encuentran en las tablas VI y VII, así como la matriz de correlaciones de distintas variables estudiadas en la tabla VIII-4.

En las figuras 55 a 62, se pueden observar los diagramas de difracción de rayos X, las gráficas de línea para Fe y Al, la presentación de los índices de variación de los elementos minoritarios, además de Fe y Al y los histogramas de contenidos por los elementos en el grupo.

De los distintos valores expuestos destacan, en primer lugar, un pH (en agua) de ácido a moderadamente ácido, variando entre 4,7 y 5,9, correspondiendo los valores más bajos al perfil AP-12 (tabla I-22). Los contenidos de materia orgánica en los horizontes más superficiales de SP-1 y SP-2 están claramente diferenciados del resto, alcanzando un 7,4% en el segundo perfil y sin sobrepasar el 2% en el perfil AP-12 (tabla II-20, 21 y 22).

De acuerdo con la acidez que presenta el grupo no se detecta la presencia de carbonatos, caracterizándose a la vez por la ausencia de minerales calizos según la estimación realizada en base a los difractogramas correspondientes (figura 55, 56 y 57). En cuanto a la textura (tablas II-20 a II-22), se observa un predominio de la proporción de arcilla, sobre todo para SP-2 y AP-12 y en los últimos horizontes (horizontes B), con clara diferencia respecto a los más superficiales, lo que parece indicar la existencia de un lavado hacia el horizonte iluvial, llegando incluso hasta un valor de 66% en el horizonte B del perfil AP-12 y con los porcentajes más bajos en el SP-1, cercano al 24%. La fracción más gruesa, en el perfil AP-12 es la menos abundante a diferencia de los otros dos.

La C.C. en estos perfiles (tabla III-4) varía entre 7,4 y 38,6 c.moles de carga/K, correspondiendo los valores más altos al perfil SP-2 (13,6 a 38,6), aumentando

TABLA. I-20

VALORES DE NITROGENO, HUMEDAD, CARBONATOS Y pH DEL PERFIL SP-1.

Horiz.	Profund. (cm.)	N %	C/N	H %	CaCO ₃ %	H ₂ O	pH	KCl
A1	0-2	0.26	14.50	1.30	0.00	5.90		5.10
A2	2-25	0.11	15.70	0.80	0.00	5.60		4.80
B/C1	25-50	0.04	9.00	0.50	0.00	5.40		4.00
C1	50-	0.04	8.00	0.70	0.00	5.60		4.40

C/N = relación carbono nitrógeno

TABLA. I-21

VALORES DE NITROGENO, HUMEDAD, CARBONATOS Y pH DEL PERFIL SP-2.

Horiz.	Profund. (cm.)	N %	C/N	H %	CaCO ₃ %	H ₂ O	pH	KCl
A1	0-15	0.21	20.40	3.10	0.00	6.10		5.10
A(B)	15-60	0.03	19.30	2.10	0.00	5.90		4.80
2B1	60-75	0.02	13.00	4.20	0.00	6.00		5.10
2B2	75-165	0.01	20.00	2.00	0.00	5.60		4.60
2B3/C	165-	0.01	18.80	2.80	0.00	5.60		4.60

C/N = relación carbono nitrógeno

TABLA. I-22

VALORES DE NITROGENO, HUMEDAD, CARBONATOS Y pH DEL PERFIL AP-12.

Horiz.	Profund. (cm.)	N %	C/N	H %	CaCO3 %	H2O	pH	KCl
A	0-25	0.10	10.80	1.32	0.00	5.20		3.80
Bt	25-60	0.07	10.86	2.40	0.00	4.70		3.40
C	60-80	0.05	9.80	1.85	0.00	4.70		3.40

C/N = relación carbono nitrógeno

TABLA. II-20

DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULA Y COMPOSICION ORGANICA DEL SUELO DEL PERFIL SP-1. (los valores se expresan en porcentajes).

Horiz.	Profund. (cm.)	----- textura -----				M.O.	C
		A.G.	A.F.	L.	A.		
A1	0-2	28.51	41.86	14.36	15.27	6.50	3.77
A2	2-20	27.30	34.40	18.70	19.60	2.98	1.73
B/C1	20-50	25.91	21.66	28.44	23.99	0.62	0.36
C1	50-	26.63	26.33	24.18	22.86	0.55	0.32

A.G.=arena gruesa; A.F.=arena fina; L.=limo; A.=arcilla;
M.O.=materia orgánica

TABLA. II-21

DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULA Y COMPOSICION ORGANICA DEL SUELO DEL PERFIL SP-2. (los valores se expresan en porcentajes).

Horiz.	Profund. (cm.)	----- textura -----				M.O.	C
		A.G.	A.F.	L.	A.		
A1	0-15	20.50	35.80	22.40	21.30	7.41	4.30
A(B)	15-60	21.70	30.68	26.94	20.69	1.00	0.58
2B1	60-75	11.30	15.54	25.43	47.73	0.45	0.26
2B2	75-165	1.22	8.43	34.62	55.74	0.34	0.20
2B3/C	165-	10.88	11.81	30.90	46.41	0.29	0.17

A.G.=arena gruesa; A.F.=arena fina; L.=limo; A.=arcilla;
M.O.=materia orgánica

TABLA. II-22

DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULA Y COMPOSICION ORGANICA DEL SUELO DEL PERFIL AP-12 (los valores se expresan en porcentajes).

Horiz.	Profund. (cm.)	----- textura -----				M.O.	C
		A.G.	A.F.	L.	A.		
A	0-25	24.50	15.81	33.85	25.84	1.86	1.08
Bt	25-60	4.79	6.24	22.88	66.08	1.31	0.76
C	60-80	3.40	10.61	39.13	46.86	0.84	0.49

A.G.=arena gruesa; A.F.=arena fina; L.=limo; A.=arcilla;
M.O.=materia orgánica

TABLA. III-4

CAPACIDAD DE CAMBIO DE LOS PERFILES DE SUELO SOBRE PIZARRAS.
(C.mol(+)/Kg)

Horiz.	Profund. (cm.)	C.C.	Horiz.	Profund. (cm.)	C.C.
Perfil SP-1			Perfil SP-2		
A1	0-2	25.22	A1	0-15	23.76
A2	2-20	12.28	A(B)	15-60	13.59
B/C1	20-50	8.18	2B1	60-75	21.69
C1	50-	7.41	2B2	75-165	32.05
			2B3/C	165-	38.63
Horiz.	Profund. (cm.)	C.C.			
Perfil AP-12					
A	0-25	9.82			
Bt	25-60	16.72			
C	60-80	11.80			

hacia los horizontes más profundos con una mayor capacidad de alteración. El perfil AP-12 presenta una variación similar, mientras que el SP-1 tiene el valor más alto en el horizonte superficial, de acuerdo con un contenido alto en materia orgánica.

La composición mineralógica da una mayor representatividad a los minerales filílicos, y fundamentalmente en los perfiles SP-2 y AP-12 cuyos horizontes inferiores alcanzan valores entre 88% y 98%, de acuerdo con la escasa presencia de fracción más gruesa de la textura, menor al 5% (tabla IV-4).

A parte de los filosilicatos, solamente en el perfil SP-1 tiene una cierta representación el cuarzo, estimado en un 36%, como valor máximo y en su horizonte superficial, observándose igualmente en el diagrama de rayos X correspondiente (figura 55) comparado con los del resto del grupo según las figuras 56 y 57, por las difracciones $3,34 \text{ \AA}$ y $4,26 \text{ \AA}$.

En la tabla V-4 se presentan los valores en óxidos de Fe y Al extraídos, con porcentajes altos de Fe(d) (extraído con citrato-ditionito-bicarbonato) en el perfil SP-2 y aumentando hacia los horizontes más profundos entre 3,13% y 8,91%. Para este último horizonte la relación Fe(d)/Fe(t) es 0,7, esto da a entender una amplia evolución

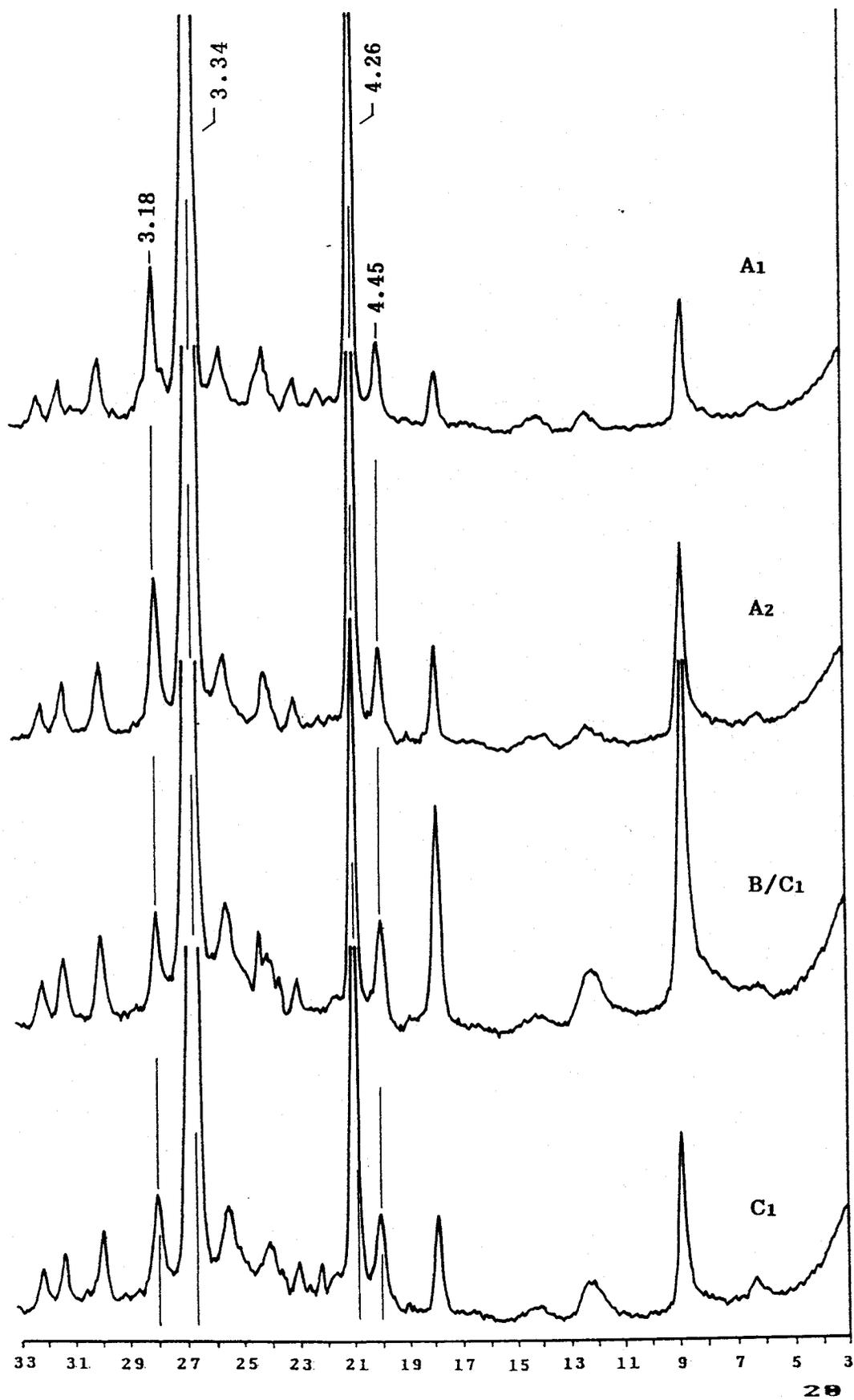


Fig. 55 .- Diagramas de difracción de rayos X de los distintos horizontes del perfil SP-1

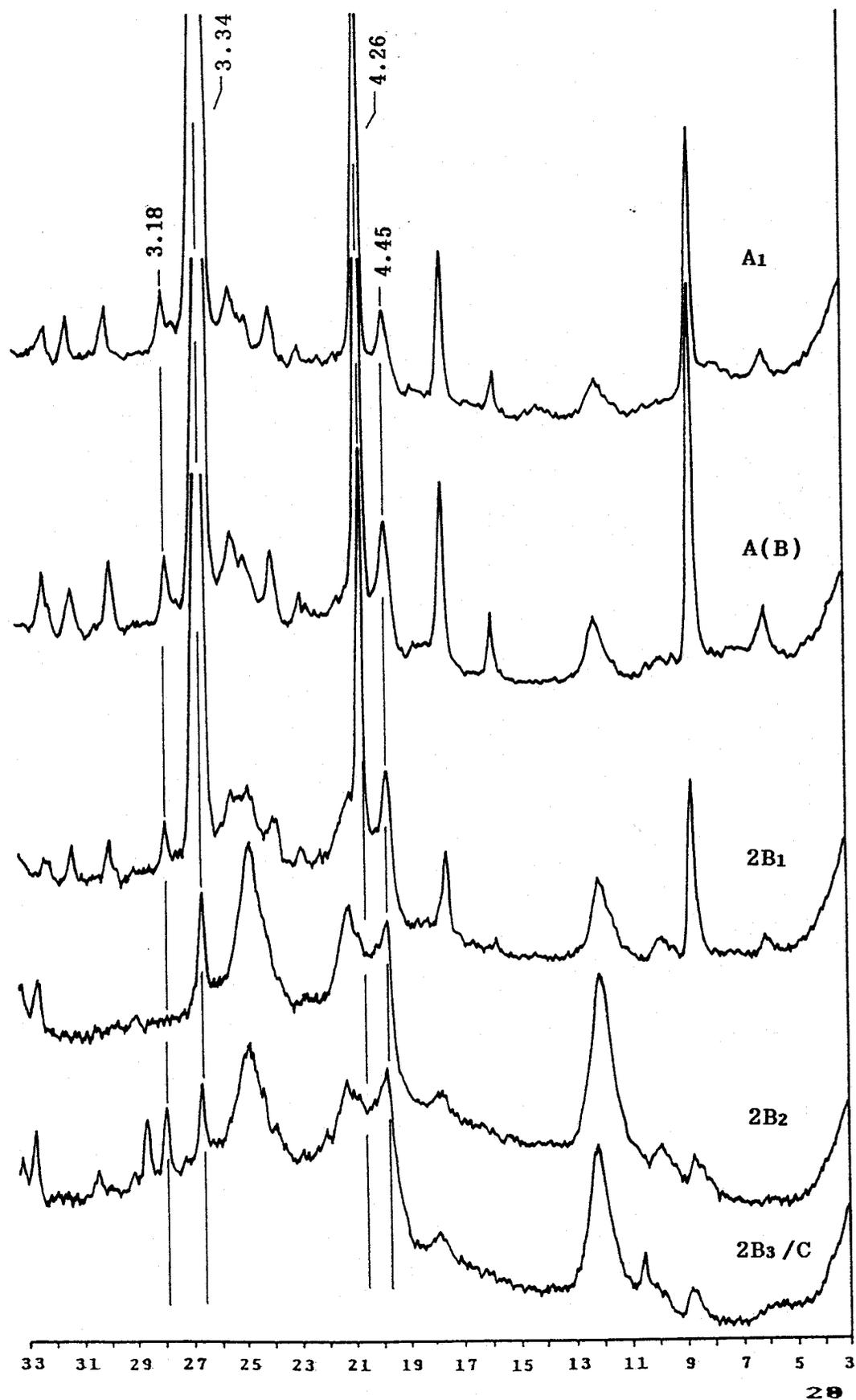


Fig. 56 .- Diagramas de difracción de rayos X de los distintos horizontes del perfil SP-2

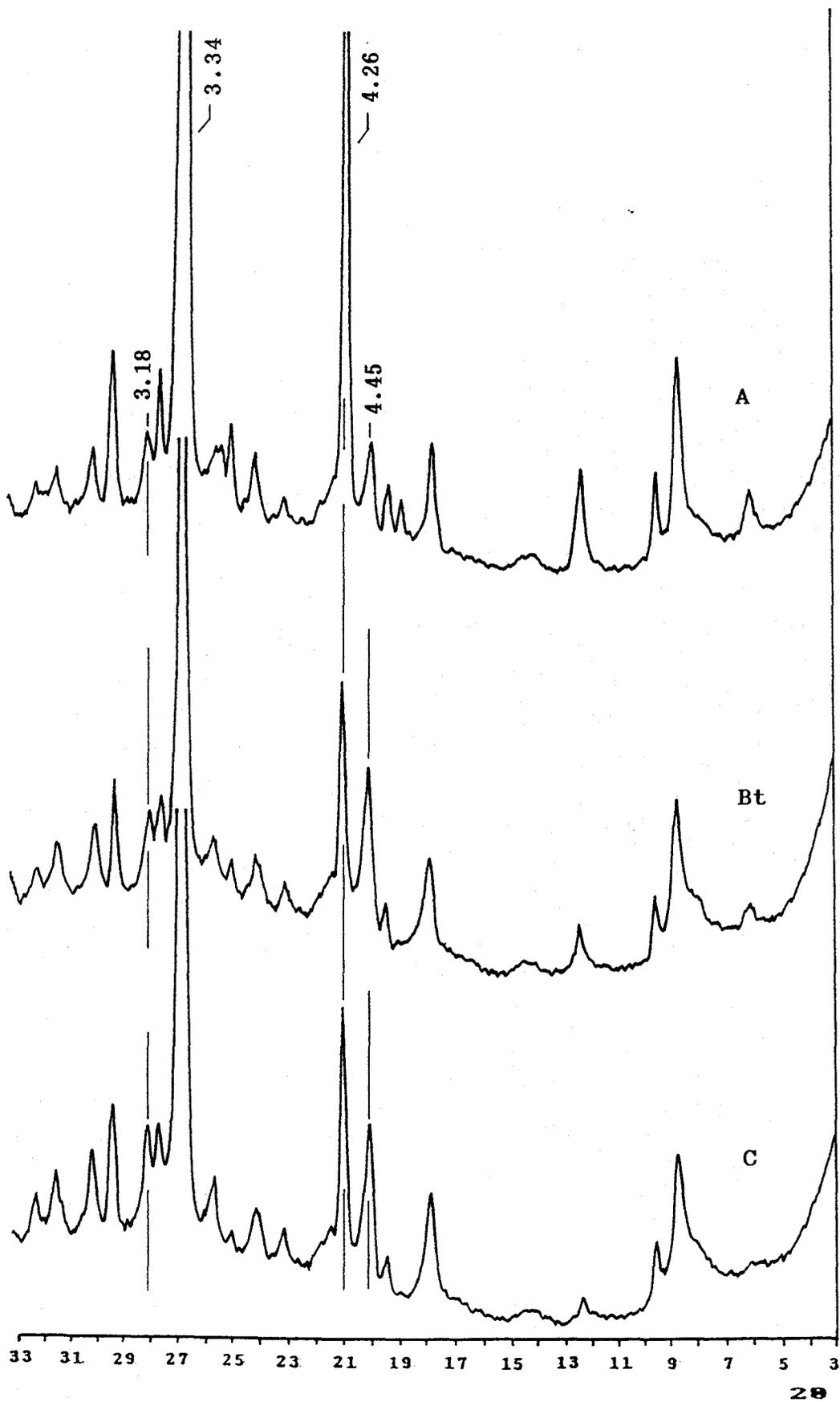


Fig. 57 .- Diagramas de difracción de rayos X de los distintos horizontes del perfil AP-12

TABLA. IV-4

COMPOSICION MINERALOGICA SEMICUANTITATIVA DE PERFILES SOBRE PIZARRAS. (%)

Perfil	Horiz.	Profun. (cm.)	CUARZO	FELDES.	CALC.	DOLOMI.	FILOS.
SP-1	A1	0-2	36	5	--	--	59
	A2	2-20	30	7	--	--	63
	B/C1	20-50	20	5	--	--	75
	C1	50-	27	6	--	--	67
SP-2	A1	0-15	25	<5	--	--	71
	A(B)	15-60	18	<5	--	--	80
	2B1	60-75	14	<5	--	--	84
	2B2	75-165	<5	--	--	--	97
	2B3/C	165-	<5	--	--	--	98
AP-12	A	0-25	29	6	--	--	65
	Bt	25-60	7	5	--	--	88
	C	60-80	10	6	--	--	84

TABLA. V-4

OXIDOS DE HIERRO Y ALUMINIO LIBRES EXTRAIDOS EN LOS PERFILES DE SUELOS SOBRE PIZARRAS.

Perfil	Horiz.	Profun. (cm.)	Fe(o) %	Al(o) %	Fe(d) %
SP-1	A1	0-2	0.45	0.15	1.54
	A2	2-20	0.46	0.16	1.54
	B/C1	20-50	0.63	0.24	2.28
	C1	50-	0.37	0.17	1.62
SP-2	A1	0-15	0.27	0.47	3.13
	A(B)	15-60	0.47	0.42	3.76
	2B1	60-75	0.31	0.20	5.10
	2B2	75-165	0.28	0.18	8.58
	2B3/C	165-	0.53	0.14	8.91
AP-12	A	0-25	0.28	0.13	4.59
	Bt	25-60	0.50	0.36	5.33
	C	60-80	0.30	0.16	3.13

Fe(o), Al(o)=hierro y aluminio extraído por el método de la oscuridad.

Fe(d)=hierro extraído con citrato-ditionito-bicarbon.

según se comentó en el grupo anterior. Los valores correspondientes a Fe(o) y Al(o) extraídos por el método de la oscuridad son algo menores, acumulándose igualmente en los horizontes B de los tres perfiles del grupo.

Los resultados del análisis químico para estos perfiles se encuentran en las tablas VI y VII (20 a 22). Destacan claramente los porcentajes de Al_2O_3 , con un 28,04% en el horizonte B del perfil AP-12 (tabla VI-22), sobrepasando ampliamente los valores medios de todos los perfiles estudiados, el rango en este grupo es de 11,4% a 28,04% con una media muy cerca del 19% (tabla XII). Estos altos porcentajes de Al_2O_3 , están de acuerdo con la presencia de pirofilita detectada en estudios realizados por PEREZ RODRIGUEZ et al. (1990) en este mismo suelo. Según MEDINA (1975) el alto porcentaje de Al_2O_3 unidos a la disminución de SiO_2 , p.p.c. y en cierta manera de Fe_2O_3 , parece indicar un cierto metamorfismo.

El perfil SP-2 presenta un gran porcentaje de Fe_2O_3 , entre 3,62% y 11,73% con media de 6,87% (tabla VI-21), y una acumulación en los horizontes B más arcillosos, que unido a la gran proporción de Al_2O_3 y a la naturaleza ilítica de este perfil, puede preverse la existencia de micas férricas. Como se observa en la figura 58 la proporción de K_2O paralela a la de Al_2O_3 en los tres

perfiles es consecuente con la naturaleza de estos materiales. Con valores más altos en SP-1 y AP-12 (entre 2% y 3%). Na_2O , CaO y MgO presentan valores bajos en el grupo al igual que el TiO_2 , con una cierta tendencia de este último hacia una acumulación en los horizontes B de los tres perfiles.

Correlaciones muy significativas caben destacar entre Arcilla- Al_2O_3 positiva y, Arcilla- SiO_2 , Arcilla-arena gruesa negativa (tabla VIII-4). El K_2O con feldespatos, ilita y C.C. correlaciona positivamente y con caolinita negativamente (significación del 99,9%). A nivel algo más bajo y de signo negativo también se correlaciona el potasio con Fe_2O_3 y TiO_2 , lo que indica una cierta independencia de estos elementos (Fe y Ti) respecto a la ilita. Por último en estos elementos mayoritarios el Na_2O ofrece una correlación muy significativa (99,9%) con la ilita lo que parece indicar que su existencia está muy vinculada a este mineral. No se definen, claramente, correlaciones del pH con Fe_2O_3 y Al_2O_3 . Los filosilicatos también se correlacionan muy significativamente y de forma negativa con SiO_2 ($P < 0.001$), fracción gruesa del suelo y con la proporción de cuarzo. Con carácter positivo los filosilicatos se correlacionan también con la arcilla como era de esperar.

Según el índice de variación de estos elementos

TABLA. VI-20

ELEMENTOS MAYORITARIOS DEL PERFIL SP-1 (%)				
	A1	A2	B/C1	C1
SiO ₂	71.10	72.34	60.64	68.46
Al ₂ O ₃	11.40	12.42	22.56	16.22
Fe ₂ O ₃	3.62	3.97	5.15	4.73
TiO ₂	0.54	0.58	0.71	0.59
MgO	0.55	0.57	0.75	0.64
CaO	0.49	0.21	0.18	0.19
Na ₂ O	0.55	0.38	0.25	0.47
K ₂ O	2.40	2.91	3.79	3.18
PPC	7.75	5.93	4.81	4.72
TOTAL	98.40	99.31	98.84	99.20

TABLA. VII-20

ELEMENTOS MINORITARIOS DEL PERFIL SP-1 (mg/K)					
	A1	A2	B/C1	C1	V.medio
Mn	408.00	272.00	192.00	196.00	267.00
Zn	89.20	80.00	80.80	121.20	92.80
Cu	82.00	35.60	21.20	18.00	39.20
Ni	22.40	24.00	29.20	30.40	26.50
Co	21.20	23.20	26.00	25.60	24.00
Cd	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	--
Pb	36.40	29.60	42.80	44.00	38.20
Cr	49.60	55.20	70.40	62.40	59.40
Zr	500.00	440.00	420.00	570.00	482.50
Y	--	--	--	--	--
Sr	47.00	22.00	22.00	18.00	27.25
Rb	120.00	160.00	160.00	140.00	145.00
Ba	63.00	760.00	930.00	710.00	615.75
La	25.00	39.00	27.00	16.00	26.75
Ga	15.00	18.00	20.00	19.00	18.00
Sn	10.00	6.00	10.00	6.00	8.00
Nb	55.00	58.00	78.00	70.00	65.25

n.d. = no detectado

TABLA. VI-21

ELEMENTOS MAYORITARIOS DEL PERFIL SP-2 (%)					
	A1	A(B)	2B1	2B2	2B3/C
SiO ₂	64.58	69.20	55.84	50.32	52.94
Al ₂ O ₃	15.83	12.71	21.81	22.45	20.50
Fe ₂ O ₃	5.46	6.04	10.41	11.50	11.73
TiO ₂	1.38	1.53	1.56	1.60	1.61
MgO	0.47	0.43	0.58	0.38	0.68
CaO	0.28	0.22	0.23	0.16	0.34
Na ₂ O	0.21	0.20	0.19	0.07	0.08
K ₂ O	1.54	1.73	1.45	0.66	0.70
PPC	9.05	6.01	7.44	11.21	9.81
TOTAL	98.80	98.07	99.51	98.35	98.39

TABLA. VII-21

ELEMENTOS MINORITARIOS DEL PERFIL SP-2 (mg/K)						
	A1	A(B)	2B1	2B2	2B3/C	V.medio
Mn	1848.00	1468.00	644.00	560.00	1628.00	1229.60
Zn	53.20	65.20	65.60	92.00	187.20	92.64
Cu	34.40	40.00	57.20	88.00	80.00	59.92
Ni	55.60	62.80	73.20	92.00	154.40	87.60
Co	32.40	38.80	43.20	58.00	260.00	86.48
Cd	n.d.	tr.	tr.	tr.	2.40	0.48
Pb	40.00	33.20	28.00	22.00	19.20	28.48
Cr	93.60	95.20	112.40	124.80	140.00	113.20
Zr	301.00	280.00	180.00	130.00	290.00	236.20
Y	34.00	32.00	44.00	31.00	30.00	34.20
Sr	8.00	37.00	30.00	15.00	3.00	18.60
Rb	90.00	120.00	100.00	29.00	45.00	76.80
Ba	150.00	620.00	520.00	170.00	180.00	328.00
La	30.00	44.00	44.00	28.00	25.00	34.20
Ga	17.00	20.00	21.00	22.00	20.00	20.00
Sn	12.00	13.00	26.00	30.00	25.00	21.20
Nb	45.00	94.00	62.00	46.00	98.00	69.00

n.d. = no detectado

TABLA. VI-22

ELEMENTOS MAYORITARIOS DEL PERFIL AP-12 (%)			
	A	Bt	C
SiO ₂	66.77	50.84	56.16
Al ₂ O ₃	15.30	28.04	26.74
Fe ₂ O ₃	6.61	7.76	5.45
TiO ₂	1.50	1.41	1.36
MgO	0.42	0.32	0.33
CaO	0.25	0.11	0.11
Na ₂ O	0.44	0.57	0.80
K ₂ O	2.12	2.67	3.08
PPC	5.62	6.80	5.56
TOTAL	99.03	98.52	99.59

TABLA. VII-22

ELEMENTOS MINORITARIOS DEL PERFIL AP-12 (mg/K)				
	A	Bt	C	V.medio
Mn	340.80	45.60	24.00	136.80
Zn	59.20	31.20	22.40	37.60
Cu	18.40	20.00	16.40	18.27
Ni	40.00	26.00	16.80	27.60
Co	23.20	10.80	8.00	14.00
Cd	tr.	tr.	tr.	tr.
Pb	33.60	13.60	9.20	18.80
Cr	76.40	97.60	92.00	88.67
Zr	270.00	150.00	170.00	196.69
Y	--	--	--	--
Sr	70.00	113.00	134.00	105.66
Rb	110.00	150.00	150.00	136.67
Ba	540.00	650.00	760.00	650.00
La	42.00	43.00	42.00	42.33
Ga	19.00	27.00	19.00	21.67
Sn	26.00	9.00	26.00	20.33
Nb	51.00	62.00	45.00	52.67

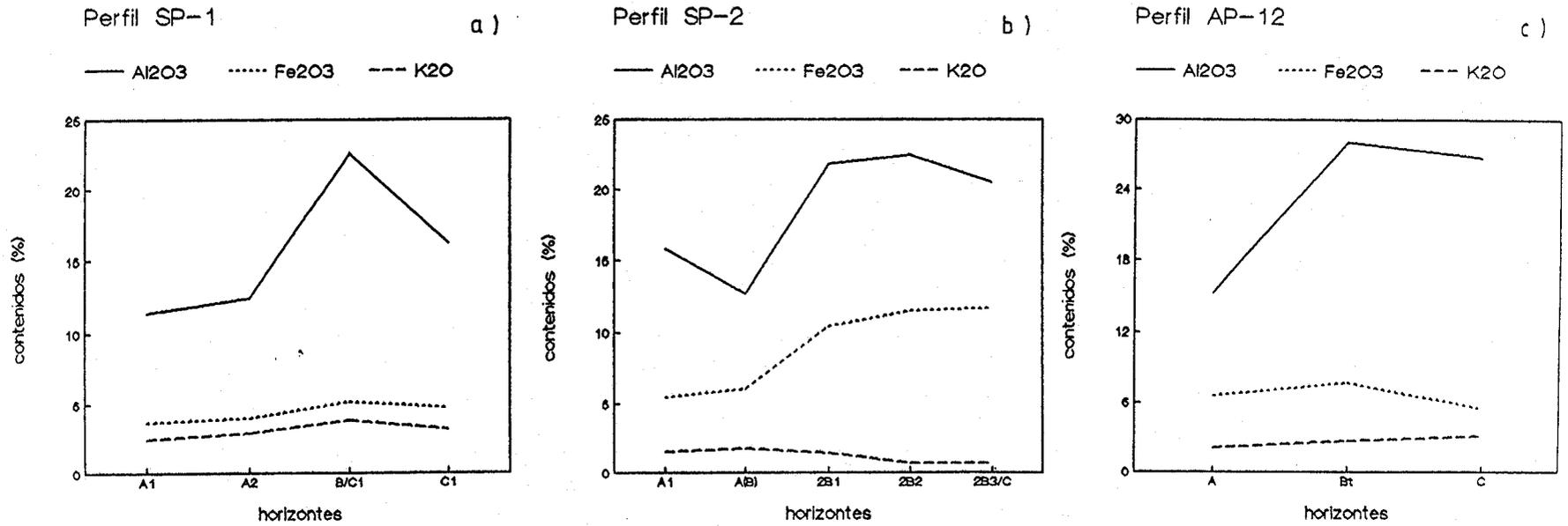
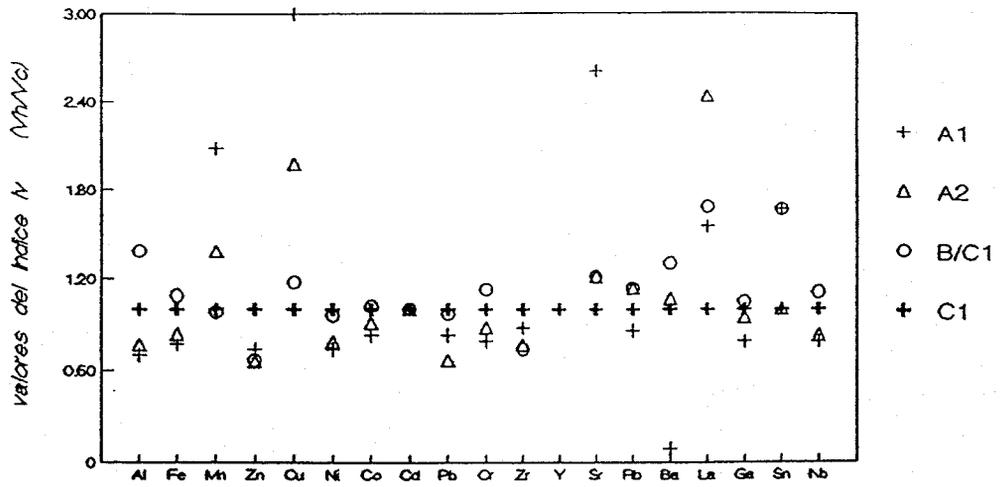


Fig. 58.- Representación de los valores de Fe, Al y K (expresados en óxidos) de los distintos horizontes en los perfiles de suelo sobre pizarras.

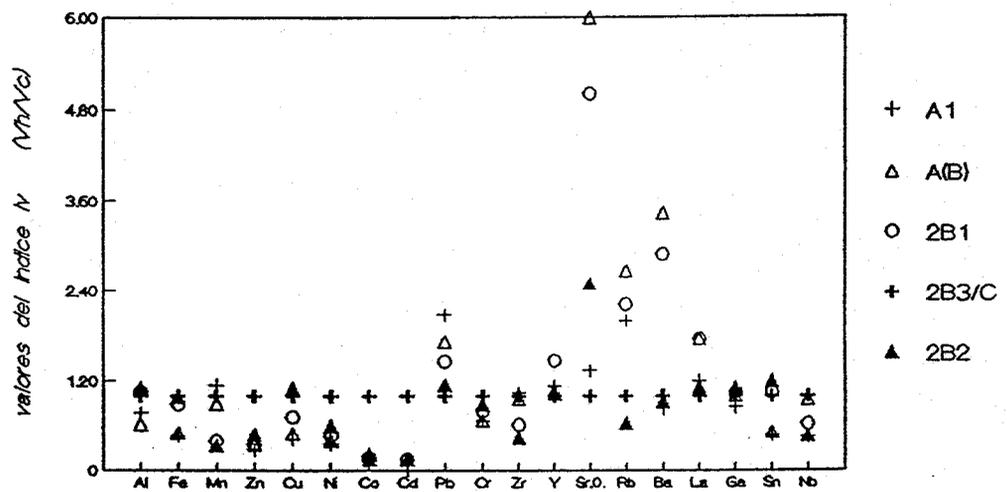
podemos observar en la figura 59 un enriquecimiento en los horizontes arcillosos de los perfiles SP-1 y AP-2, siendo menor en el segundo, ya que el horizonte tomado más profundo para obtener este índice es más bien un horizonte de transición entre B y C que tiene un contenido alto en estos elementos.

Respecto a los elementos minoritarios, la mayor parte de ellos presentan contenidos y variaciones muy singulares (tablas VII-20, VII-21 y VII-22). El Co, Ni y Zn son los únicos que aparentemente guardan una cierta similitud en los tres perfiles (figura 60). También, en este grupo, los contenidos medios de Cu, Ni, Co, Cr, Zr, Rb, Ba, La y Ga, superan al resto de los otros grupos estudiados (tabla XII). Los contenidos de los restantes elementos tan sólo están por debajo de los valores medios de los suelos sobre granitos y vulcanitas. Esto indica de forma generalizada que las pizarras, en nuestro caso, son los materiales originales que más elementos aportan al suelo, y de ellas el perfil SP-2 es el más destacado. Así el Mn presenta un rango de variación bastante amplio (24 a 1848ppm), con una mayor proporción en el perfil SP-2 y con mínimos en el AP-12, sobre todo en sus horizontes más profundos (con pH de 4,7), lo que no coincide con la apreciación hecha por ZHENG et al. (1983) que asignan contenidos menores en Mn a aquellos con carácter más

Perfil SP-1



Perfil SP-2



Perfil AP-12

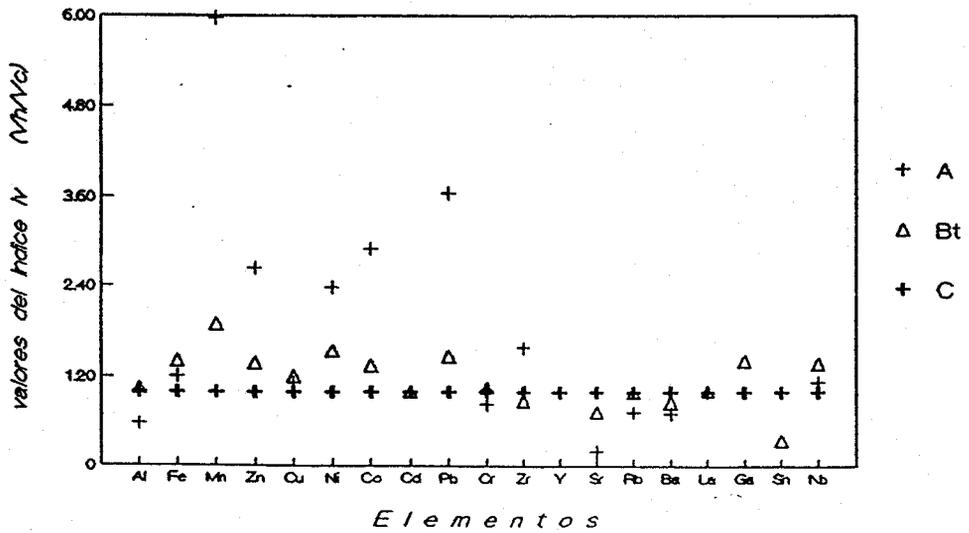


Fig. 59.- Representación de los índices de variación para Fe, Al y elementos minoritarios de los perfiles SP-1, SP-2 y AP-12.

básico.

En los tres perfiles del grupo el Mn presenta un mayor contenido en el horizonte superior llegando a tener en el perfil SP-2 el valor máximo (1848ppm), aunque no se observa una correlación significativa con la materia orgánica y, ni siquiera con la fracción más gruesa como usualmente ocurre con este elemento. Sólo presenta correlación del 99% de significación con la ilita y algo menor con Na_2O , K_2O y feldespatos, todos ellos de signo negativo. A nivel del 95% y positivamente con el pH (tabla VIII-4).

El Cu y el Pb, son también elementos que suelen acumularse en los horizontes superficiales de los perfiles, dada la tendencia al igual que el Mn a formar complejos con la materia orgánica (figura 60), ciertamente se cumple en todos los perfiles excepto en SP-2 y para el Cu que, a pesar de tener dicho perfil un alto contenido en materia orgánica (7,41%) en su horizonte superficial y con diferencia respecto al resto de los horizontes, se acumula en los más profundos, aumentando de forma progresiva y llegando a tener un contenido de 88ppm, superior al resto de las muestras estudiadas y mucho más alto que el dado por AUBERT y PINTA (1977) como promedio en suelos (20ppm). Dicha acumulación en los horizontes más profundos está de

acuerdo con la misma variación en la proporción de la fracción más fina, lo que también suele ocurrir según el autor anteriormente citado. El Pb no presenta en estas muestras características especiales que no sean las encontradas para otros suelos, valores generalmente bajos (9,2ppm a 44ppm) con ligera disminución hacia los horizontes más profundos. Destacan la correlación positiva ($P < 0.001$) con la fracción más gruesa y negativa ($P < 0.01$) con la proporción de arcilla.

Los elementos Co, Ni y Zn (figura 60) presentan, en estos suelos sobre pizarras unos contenidos y variaciones muy similares, siendo algo superiores los valores correspondientes al elemento Zn como se aprecia en la figura anteriormente citada. Este elemento con 78,93ppm sólo es superado por los dos perfiles sobre vulcanitas. Los valores medios de Co y Ni son también altos (47,53ppm para Co y 52,23ppm para el Ni). Para los tres elementos los rangos de variación son más amplios que en los demás suelos sobre otros materiales originales (arenas, areniscas, calizas, etc.).

Como se puede observar en la tabla VIII-4, estos tres elementos se correlacionan entre sí de forma positiva y con alta significación. Todos ellos se correlacionan positivamente con la esmectita y la capacidad de cambio, lo que indica claramente que pueden estar sometidos a procesos

de sustituciones o como elementos interlaminares de este mineral.

Estos tres perfiles sobre pizarras, que son fundamentalmente caoliníticos, tan sólo presentan una cierta proporción de esmectita en el último horizonte del SP-2, concordando con los valores más altos de los tres elementos anteriores en dicho horizonte. Igualmente ocurre en el caso del Cr aunque de forma menos pronunciada.

Los cuatro elementos (Co, Ni, Zn y Cr), con valores medios superiores al de los demás suelos estudiados y con la excepción anteriormente citada, siguen una variación análoga a la proporción de caolinita, correlacionándose significativamente y, siendo la acidez relativa de estos suelos un factor participe de la movilización por lixiviado de los elementos hacia horizontes más profundos.

Además de las correlaciones comentadas destacan también las correlaciones del Ni y Cr con Fe_2O_3 ($P < 0.001$) de forma positiva, siendo negativa y de la misma significación con feldespatos y Rb. El Cd está muy bien correlacionado positivamente con Co, Ni, y Zn. El Cr también lo está con $\%TiO_2$ ($P < 0.001$) positivamente, siendo negativa y al mismo nivel con el cuarzo (tabla VIII-4). Todas ellas pueden explicarse atendiendo a su similitud de

radios iónicos y sus cargas.

En cuanto a los elementos Sr y Ba tienen igualmente una evolución parecida, como se puede observar comparativamente en sus respectivos histogramas de contenidos (figura 61). Siendo los valores en el caso del Ba muy superiores a los del Sr en los tres perfiles del grupo, con la diferencia del perfil SP-1 donde el Ba presenta en su horizonte superficial un valor anormalmente bajo del que no se encuentra una explicación razonable como en otros casos anteriores para este mismo elemento. Se podría incluir en el comentario de estos dos últimos elementos al Rb, que salvando algunas diferencias tiene también un comportamiento análogo (figura 61).

Según la tabla XII el rango para el Sr va desde 3ppm a 134ppm con un valor medio de 43ppm, muy bajo comparado con el encontrado para los suelos sobre calizas y margas. La asociación de este elemento a suelos calcáreos ya ha sido comentada anteriormente. El Ba con la misma forma de variación que el anterior, suele estar más asociado a suelos ácidos, con un rango en este grupo de 63ppm a 930ppm y un valor medio de 504,4ppm, muy superior al resto de los suelos estudiados. Las concentraciones de estos dos elementos dependen del material original principalmente, pero también pueden variar en orden a otros

factores, fundamentalmente los climáticos.

El Rb con un valor medio de 114,5ppm no se acumula en el horizonte superficial e ninguno de los perfiles, detectándose los valores más bajos en los horizontes más profundos del perfil SP-2 como puede apreciarse en la figura 61. El Rb presenta correlaciones positivas con K, ilita y feldespatos de alta significación ($P < 0.001$), siendo negativa al mismo nivel con caolinita y capacidad de cambio. Así mismo, el Ba se correlaciona positivamente con el potasio ($P < 0.001$), justificándose la relación de estos elementos con la existencia de mica. Se puede destacar también la alta significación positiva de la correlación Sr-Na₂O, y negativa con la caolinita, pudiéndose justificar así la correlación negativa entre Na₂O con este mineral (tabla VIII-4).

El Zr es uno de los elementos que se presenta con mayor abundancia en este grupo y sobre todo en el perfil SP-1, obteniéndose valores en torno a 500ppm y siendo los valores más bajos en el caso del perfil AP-12. La distribución de este elemento en los distintos horizontes está condicionada a la proporción de arena, según MOURA y KROONENBERG (1988) entre otros y, la mayoría de las veces restringido al mineral circón, lo que concuerda también en estos suelos sobre pizarras, dada la correlación en este caso Zr-A.G. ($P < 0.001$) de carácter positivo y su relación

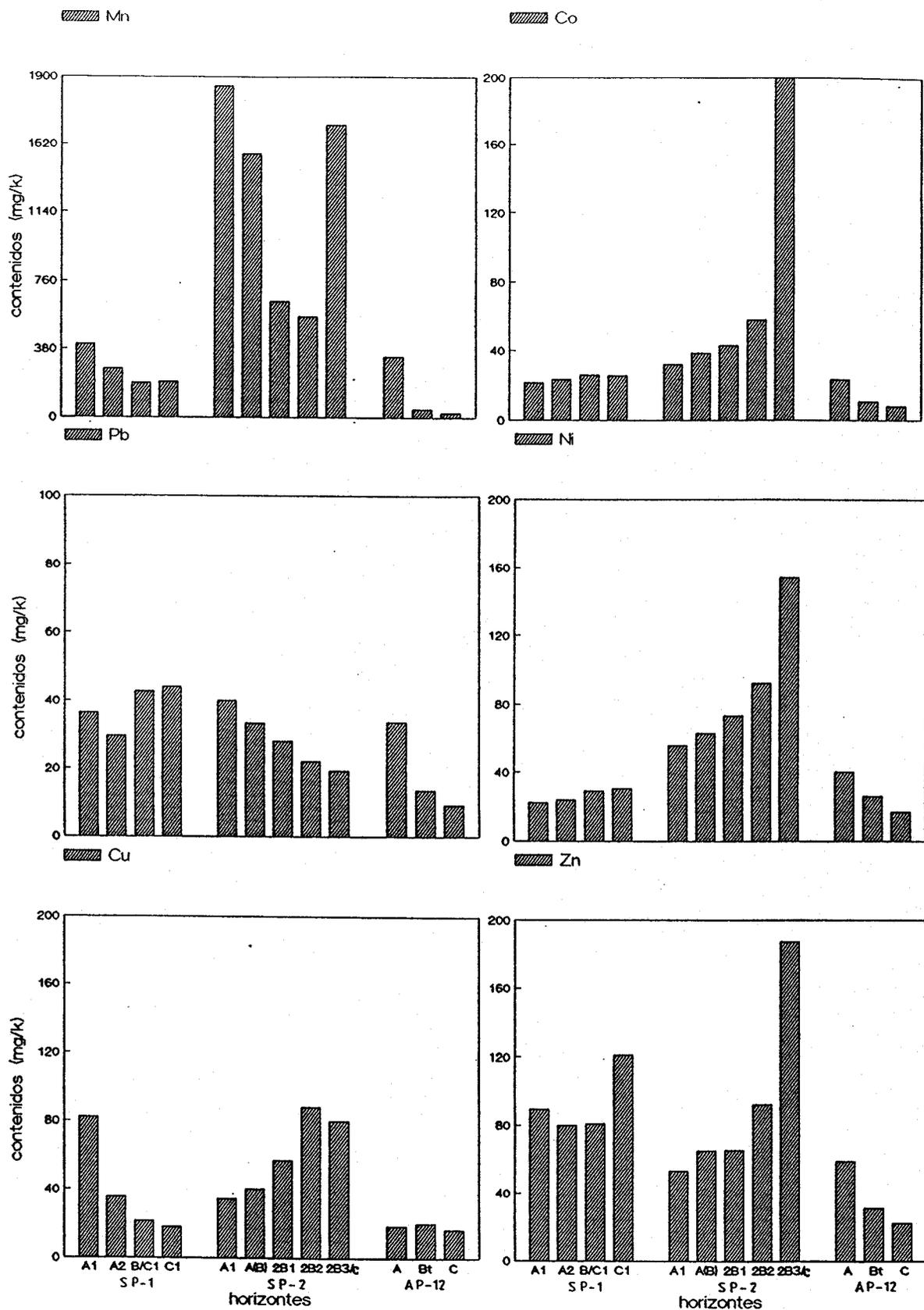


Fig. 60.- Histogramas de contenidos de los elementos Mn, Co, Pb, Ni, Cu y Zn en los perfiles de suelos sobre pizarras.

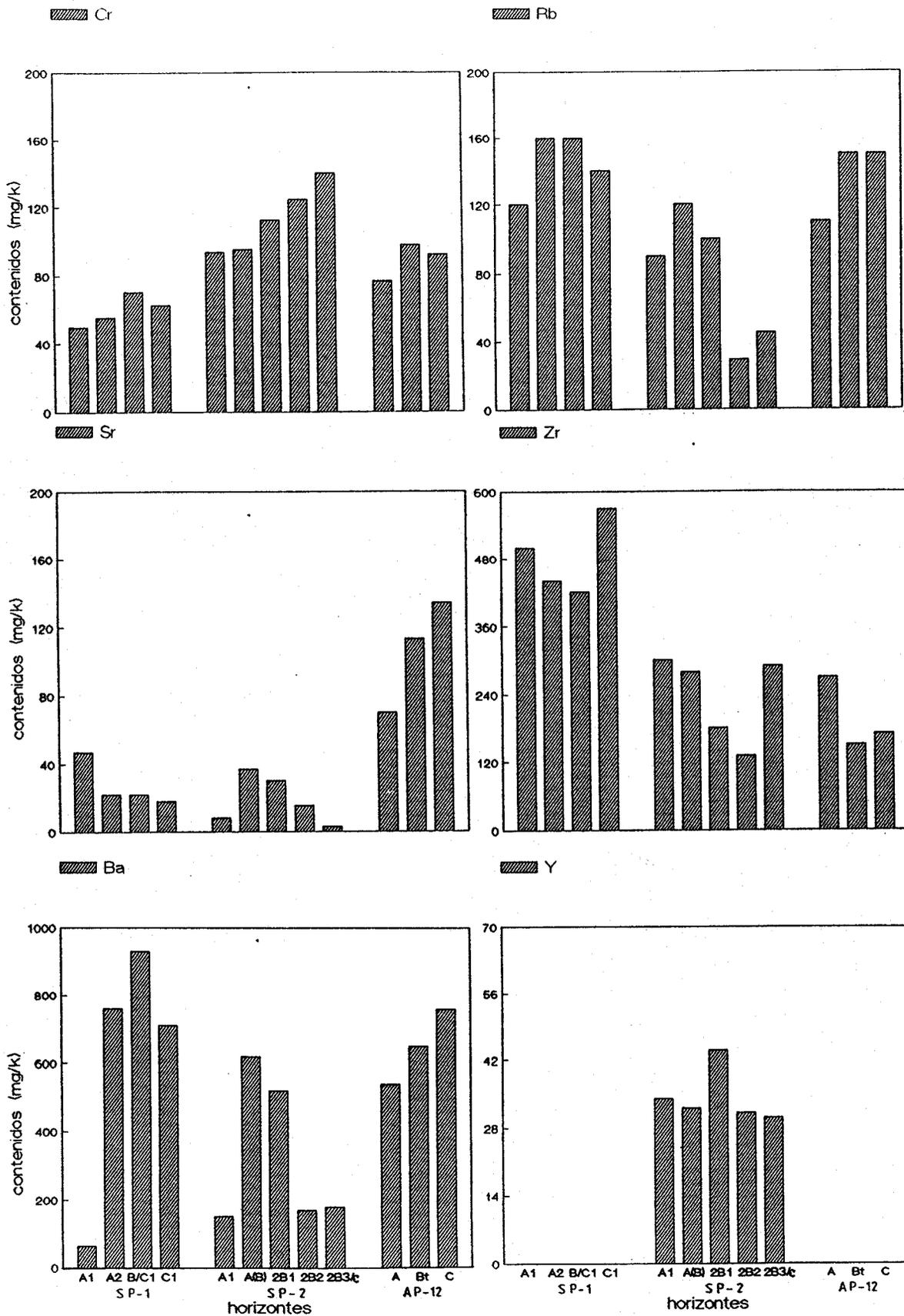


Fig. 61.- Histogramas de contenidos de los elementos Cr, Rb, Sr, Zr, Ba e Y en los perfiles de suelos sobre pizarras.

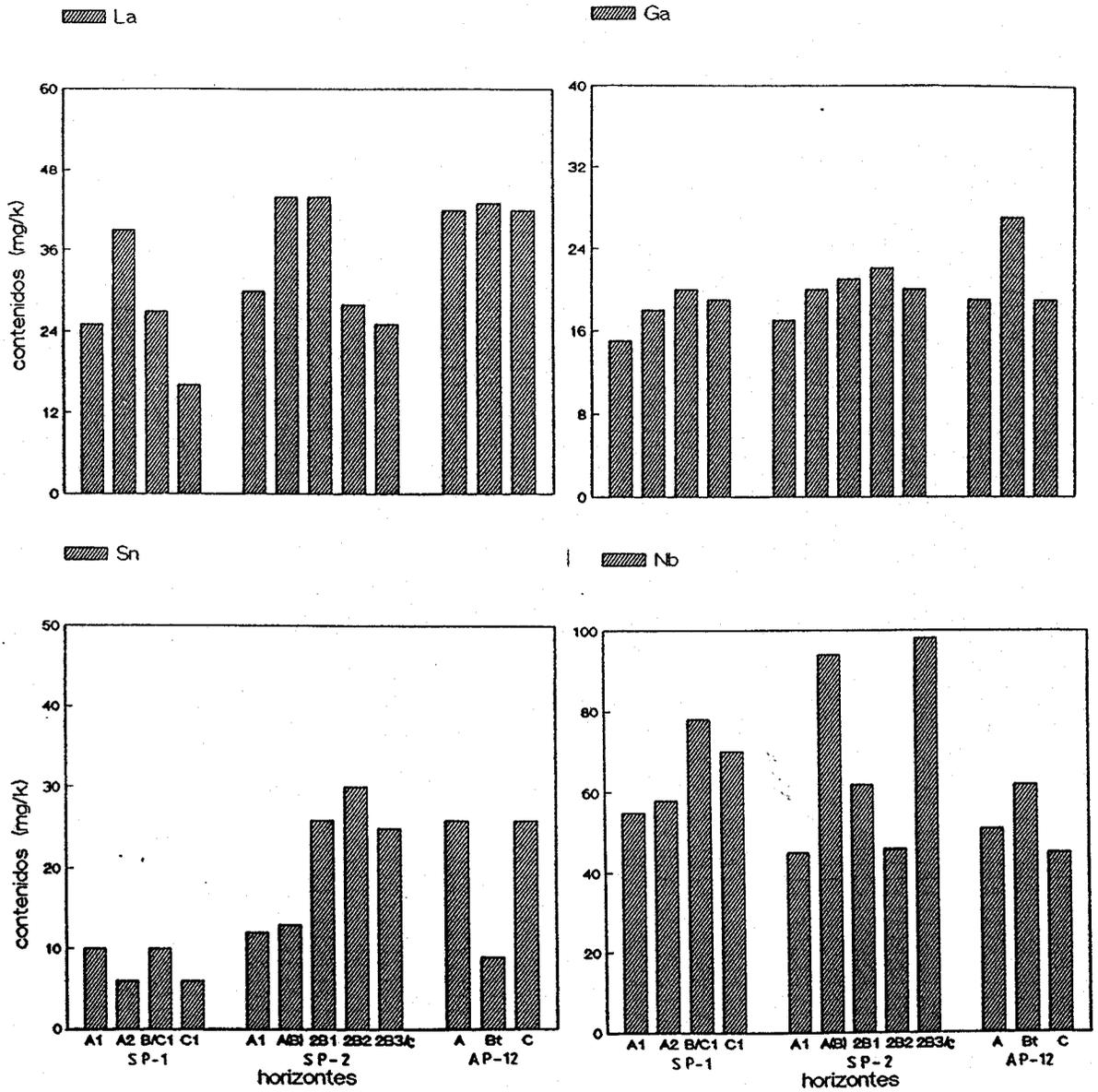


Fig. 62.- Histogramas de contenidos de los elementos La, Ga, Sn y Nb en los perfiles de suelos sobre pizarras.

negativa con la proporción de arcilla y filosilicatos.

Los elementos La y Ga presentan también en estos suelos, valores medios algo superiores a los demás tipos de suelos incluidos en este estudio (tabla XII), con una mayor tendencia que el Zr a acumularse en la fracción arcilla, según el histograma de la figura 62. El La y Ga presentan con el Zr correlaciones negativas a nivel medio siendo positiva con la arcilla y filosilicatos.

El Sn y Nb no presentan ninguna línea definida en cuanto a su variación (figura 62), ambos con valores medios análogos a los dados para todos los suelos. se observa una tendencia a la asociación de estos elementos con los óxidos de hierro, obteniéndose correlaciones positivas con Fe(o) y Fe(d) ($P < 0.01$). Estas asociaciones según BESOAIN (1985) son productos de la meteorización, que da lugar a una alteración sufrida por los distintos elementos de diferentes formas. Así el Al y el Fe se hidrolizan y precipitan con facilidad debido a su potencial iónico y pH, incluyendo distintos cationes del tipo Sn, Nb, etc.

Para el Y sólo se han obtenido valores del perfil SP-2 por las mismas razones de interferencia como se comentó en casos anteriores.

TABLA. VIII-4 (cont.)- MATRIZ DE CORRELACIONES DE LOS
PARAMETROS ANALIZADOS EN PERFILES DE SUELOS SOBRE PIZARRAS.

	Valores de r para 12 casos																			NIVELES DE SIGNIFICACION		
	A.G.	A.F.	L.	A.	M.O.	CO ₃ ⁻	pH(a)	pH(s)	C.C.	Q	F	Ca	D	filo.	Fe(o)	Fe(d)	Al(o)	esmec	ilita			
A.F.	0.815																					
L.	-0.579	-0.733																				
A.	-0.934	-0.889	0.449																			
M.O.	0.431	0.737	-0.618	-0.521																		
CO ₃ ⁻	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000																	
pH(a)	0.442	0.650	-0.479	-0.524	0.416	0.000																
pH(s)	0.363	0.648	-0.549	-0.446	0.452	0.000	0.968															
C.C.	-0.444	-0.160	0.003	0.378	0.136	0.000	0.348	0.445														
Q	0.897	0.828	-0.603	-0.872	0.622	0.000	0.348	0.316	-0.484													
F	0.500	0.331	-0.271	-0.421	0.285	0.000	-0.392	-0.388	-0.789	0.671												
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000											
D	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000										
filo.	-0.870	-0.779	0.572	0.833	-0.592	0.000	-0.229	-0.202	0.565	-0.991	-0.766	0.000	0.000									
Fe(o)	0.274	0.099	-0.307	-0.108	-0.183	0.000	-0.098	-0.105	-0.067	-0.045	0.019	0.000	0.000	0.035								
Fe(d)	-0.719	-0.709	0.511	0.719	-0.439	0.000	-0.078	-0.052	0.731	-0.821	-0.822	0.000	0.000	0.863	-0.111							
Al(o)	-0.021	0.220	-0.229	-0.047	0.330	0.000	0.212	0.131	-0.054	-0.054	-0.119	0.000	0.000	0.069	0.045	-0.089						
esmec	-0.231	-0.284	0.208	0.252	-0.239	0.000	0.055	0.094	0.674	-0.491	-0.562	0.000	0.000	0.529	0.311	0.638	-0.257					
ilita	0.365	0.215	-0.222	-0.279	0.172	0.000	-0.535	-0.513	-0.714	0.510	0.921	0.000	0.000	-0.612	0.226	-0.761	-0.197	-0.495				
caol.	-0.344	-0.170	0.120	0.276	-0.234	0.000	0.585	0.592	0.739	-0.517	-0.934	0.000	0.000	0.621	-0.101	0.707	0.083	0.508	-0.950			

III.1.5. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE GRANITOS

III.1.5. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE GRANITOS

Los suelos sobre granito están representados en este estudio por dos perfiles Xerochrept (SG-3 y SG-4) y tres Haploxeralf (SG-5, SG-6 y AG-11), distribuidos en la zona norte de la provincia.

Estos suelos se caracterizan por un pH moderadamente ácido con una variación, en agua, entre 5,1 y 7,1, siendo estrechas las oscilaciones en cada uno de los perfiles, como puede verse en las tablas (I-23 a I-27). El perfil SG-5 es el menos ácido, con un valor medio de 6,6. En ninguno de ellos se detecta la presencia de carbonatos.

La materia orgánica presenta valores relativamente altos en el perfil SG-3 y en el horizonte superficial del perfil SG-5 con disminución en los más profundos. El régimen de humedad a que están sometidos en la zona y la suficiente vegetación producen estos valores altos, 5,1% en el perfil SG-5, horizonte superficial, o bien en el caso del SG-3 que varía entre 3,5%, disminuyendo hasta 2,12% en el horizonte más interno.

En cuanto a la textura destaca, en términos generales, una mayor proporción de la fracción arena gruesa, que alcanza un 72% en el perfil SG-3 (tabla II-23 a II-27), disminuyendo en todo el grupo hacia los horizontes

más bajos. El perfil SG-5 tiene también una acumulación de arcilla (43,9%) en su horizonte B2t con una disminución acusada de arena gruesa en este mismo horizonte (8,9%).

También la C.C. tiene valores entre 5,9 cmol(+)/Kg, para el perfil más ácido (SG-3) y 69,8 cmol(+)/Kg para el de menor acidez (SG-5), coincidiendo este último valor en el horizonte con el de mayor proporción de arcilla, según se observa en la tabla III-5.

Los filosilicatos son los minerales predominantes en este grupo, cuyos valores se encuentran en la tabla IV-5 según la estimación semicuantitativa realizada, en los difractogramas correspondientes (figuras 63, 64, 65, 66 y 67) con valores del 98% en el perfil SG-5 y, en general, comparable a las obtenidas en los suelos sobre pizarras y teniendo en cuenta la excepción que presenta el perfil SG-3 donde el mineral más destacado es el cuarzo. Por otra parte, los feldespatos tienen valores que pueden considerarse altos, dado que los porcentajes que presenta este grupo, sobre todo el perfil SG-6. Sólo se han encontrado estos valores de forma aislada en algunos perfiles de otros suelos, únicamente en el perfil AG-11 y en los horizontes más bajos de SG-4 y SG-5 no llegan a un 10%.

TABLA. I-23

VALORES DE NITROGENO, HUMEDAD, CARBONATOS Y pH DEL PERFIL SG-3.

Horiz.	Profund. (cm.)	N %	C/N	H %	CaCO3 %	H2O	pH	KCl
A0	0-3	0.21	14.50	1.20	0.00	5.10		4.10
A1	3-15	0.12	20.90	1.07	0.00	5.20		4.10
B	15-50	0.11	11.10	1.43	0.00	5.10		4.50

C/N = relación carbono nitrógeno

TABLA. I-24

VALORES DE NITROGENO, HUMEDAD, CARBONATOS Y pH DEL PERFIL SG-4.

Horiz.	Profund. (cm.)	N %	C/N	H %	CaCO3 %	H2O	pH	KCl
A1	0-15	0.24	10.80	1.09	0.00	6.80		5.90
B1	15-30	0.12	9.00	1.23	0.00	6.50		5.10
B2	30-50	0.11	9.00	1.77	0.00	6.20		4.50
Bc	50-	0.04	10.50	3.15	0.00	5.70		4.00

C/N = relación carbono nitrógeno

TABLA. I-25

VALORES DE NITROGENO, HUMEDAD, CARBONATOS Y pH DEL PERFIL SG-6.

Horiz.	Profund. (cm.)	N %	C/N	H %	CaCO3 %	H2O	pH	KCl
Ap	0-12	0.10	10.00	0.94	0.00	5.80		4.60
A3	12-37	0.06	10.33	1.00	0.00	6.00		4.30
B2t	37-60	0.07	9.71	2.10	0.00	6.30		5.00
B3t	60-72	0.07	9.71	1.80	0.00	5.70		3.80
C	72-	0.07	9.71	2.10	0.00	5.60		3.90

C/N = relación carbono nitrógeno

TABLA. I-26

VALORES DE NITROGENO, HUMEDAD, CARBONATOS Y pH DEL PERFIL SG-5.

Horiz.	Profund. (cm.)	N %	C/N	H %	CaCO3 %	H2O	pH	KCl
Ao	0-2	0.26	11.38	4.34	0.00	6.70		5.70
A1	2-10	0.14	11.21	3.72	0.00	6.80		5.60
B2t	10-55	0.06	10.33	6.44	0.00	7.10		5.90
B3t	55-70	0.03	8.00	7.70	0.00	6.40		5.20

C/N = relación carbono nitrógeno

TABLA. I-27

VALORES DE NITROGENO, HUMEDAD, CARBONATOS Y pH DEL PERFIL AG-11.

Horiz.	Profund. (cm.)	N %	C/N	H %	CaCO ₃ %	H ₂ O	pH	KCl
A	0-25	0.09	10.11	2.14	0.00	5.50		4.40
B21tg	25-35	0.05	10.60	2.18	0.00	5.40		4.00
B22tg	35-80	0.05	10.60	3.72	0.00	5.40		4.50
C	80-140	0.02	9.50	4.15	0.00	6.40		5.00

C/N = relación carbono nitrógeno

TABLA. II-23

DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULA Y COMPOSICION ORGANICA DEL SUELO DEL PERFIL SG-3. (los valores se expresan en porcentajes).

Horiz.	Profund. (cm.)	----- textura -----				M.O.	C
		A.G.	A.F.	L.	A.		
A0	0-3	72.18	8.73	12.48	6.60	3.50	2.03
A1	3-15	70.88	9.90	5.86	13.36	3.60	2.09
B	15-50	61.86	11.07	11.75	15.32	2.12	1.23

A.G.=arena gruesa; A.F.=arena fina; L.=limo; A.=arcilla;
M.O.=materia orgánica

TABLA. II-24

DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULA Y COMPOSICION ORGANICA DEL SUELO DEL PERFIL SG-4. (los valores se expresan en porcentajes).

Horiz.	Profund. (cm.)	----- textura -----				M.O.	C
		A.G.	A.F.	L.	A.		
A1	0-15	48.24	27.81	15.30	8.67	2.24	1.30
B1	15-30	39.40	23.89	19.61	17.10	0.93	0.54
B2	30-50	35.90	24.31	19.17	20.61	0.62	0.36
Bc	50-	32.02	21.39	17.56	29.02	0.72	0.42

A.G.=arena gruesa; A.F.=arena fina; L.=limo; A.=arcilla;
M.O.=materia orgánica

TABLA. II-25

DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULA Y COMPOSICION ORGANICA DEL SUELO DEL PERFIL SG-6. (los valores se expresan en porcentajes).

Horiz.	Profund. (cm.)	----- textura -----				M.O.	C
		A.G.	A.F.	L.	A.		
Ap	0-12	42.95	36.72	11.69	8.64	1.72	1.00
A3	12-37	40.54	30.77	13.96	14.74	1.07	0.62
B2t	37-60	23.24	35.12	20.57	21.08	1.17	0.68
B3t	60-72	37.40	30.65	16.62	15.32	1.17	0.68
C	72-	38.15	28.07	16.11	17.67	1.17	0.68

A.G.=arena gruesa; A.F.=arena fina; L.=limo; A.=arcilla;
M.O.=materia orgánica

TABLA. II-26

DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULA Y COMPOSICION ORGANICA DEL SUELO DEL PERFIL SG-5. (los valores se expresan en porcentajes).

Horiz.	Profund. (cm.)	----- textura -----				M.O.	C
		A.G.	A.F.	L.	A.		
Ao	0-2	42.65	15.57	20.76	21.02	5.10	2.96
A1	2-10	36.04	20.97	17.09	25.89	2.71	1.57
B2t	10-55	8.94	24.97	22.11	43.96	1.07	0.62
B3t	55-70	27.49	29.71	16.11	26.69	0.41	0.24

A.G.=arena gruesa; A.F.=arena fina; L.=limo; A.=arcilla;
M.O.=materia orgánica

TABLA. II-27

DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULA Y COMPOSICION ORGANICA DEL SUELO DEL PERFIL AG-11 (los valores se expresan en porcentajes).

Horiz.	Profund. (cm.)	----- textura -----				M.O.	C
		A.G.	A.F.	L.	A.		
A	0-25	28.07	21.75	34.50	15.68	1.56	0.91
B21tg	25-35	25.52	22.92	25.26	26.30	0.91	0.53
B22tg	35-80	16.41	20.25	21.81	41.54	0.91	0.53
C	80-140	37.25	22.77	18.72	21.26	0.32	0.19

A.G.=arena gruesa; A.F.=arena fina; L.=limo; A.=arcilla;
M.O.=materia orgánica

TABLA. III-5

CAPACIDAD DE CAMBIO DE LOS PERFILES DE SUELO SOBRE GRANITOS.
(C.mol(+)/Kg)

Horiz.	Profund. (cm.)	C.C.	Horiz.	Profund. (cm.)	C.C.
Perfil SG-3			Perfil SG-4		
A0	0-3	11.80	A1	0-15	7.68
A1	3-15	8.85	B1	15-30	8.70
B	15-50	5.90	B2	30-50	11.78
			Bc	50-	19.71
Horiz.	Profund. (cm.)	C.C.	Horiz.	Profund. (cm.)	C.C.
Perfil SG-6			Perfil SG-5		
Ap	0-12	10.82	Ao	0-2	36.40
A3	12-37	9.80	A1	2-10	12.79
B2t	37-60	18.70	B2t	10-55	69.86
B3t	60-72	15.74	B3t	55-70	50.18
C	72-	14.76			
Horiz.	Profund. (cm.)	C.C.			
Perfil AG-11					
A	0-25	11.80			
B21tg	25-35	9.84			
B22tg	35-80	17.70			
C	80-140	35.42			

La correlación a nivel de 99,9% y positiva entre los feldespatos y $\%Na_2O$ junto con los valores de CaO , hace pensar en la formación de plagioclasas sódicas hasta plagioclasas cálcicas de la serie Albita-Anortita, frecuente en esta zona como consecuencia de fenómenos de diferenciación granítica (RANKAMA y SAHAMA, 1954). Se ha detectado además la presencia de indicios de calcita según la difracción de $3,03\text{\AA}$ que se observa en el difractograma del perfil SG-6 (figura 65).

En la tabla V-5 se encuentran los valores de los óxidos extraídos de Fe y Al, se observan muy altos los contenidos de Fe extraídos por CBD en el perfil AG-11 y sobre todo en su horizonte B22tg (4,42%), aunque esta acumulación en dicho horizonte B es común para todos los perfiles. En cuanto a Fe y Al extraídos en oscuridad, la mayoría de los horizontes no superan el 0,5%.

Los resultados del análisis químico se dan en las tablas VI y VII de 23 a 27, así como los rangos y medias del grupo en la tabla XII. Para los elementos mayoritarios, el Al_2O_3 varía entre 2,68% y 15,15%, inferior a los encontrados en el grupo de suelos sobre pizarras, sobrepasando el 12% tan solo en el perfil AG-11, mientras que en SG-5 y SG-6 se pueden considerar valores muy bajos.

Los perfiles AG-11 y SG-5 destacan en el $\%Fe_2O_3$,

encontrándose valores de 6% (AG-11) y 8% (SG-5), (tablas VI-26 y VI-27), considerados altos si se compara con la media de todos los grupos estudiados (3,44%).

Observando la figura 68, en las que se representa las variaciones de Al_2O_3 y Fe_2O_3 , se puede apreciar un paralelismo usual entre estos elementos (expresados como óxidos) con valores más altos para el Fe_2O_3 en los perfiles SG-5 y SG-6, y acumulaciones en los horizontes B. Se detecta una diferencia amplia entre ambos elementos en el perfil AG-11 (figura 68), estando muy influenciado por la proporción de arcilla y filosilicatos, esto se manifiesta igualmente por la correlación positiva que presentan ambos elementos con estos parámetros a nivel máximo (tabla VIII-5).

En la misma tabla anterior se destacan también las correlaciones positivas entre Al_2O_3 -K ($P < 0.01$) y negativa del Fe_2O_3 con cuarzo y arena gruesa ($P < 0.001$), además de otros elementos minoritarios que se comentarán más adelante.

El TiO_2 no tiene valores especialmente importantes en estos perfiles y sobre todo en el SG-3, aumentando hacia el horizonte más profundo al igual que el Fe_2O_3 , aunque sólo puede mencionarse una correlación media entre ambos elementos.

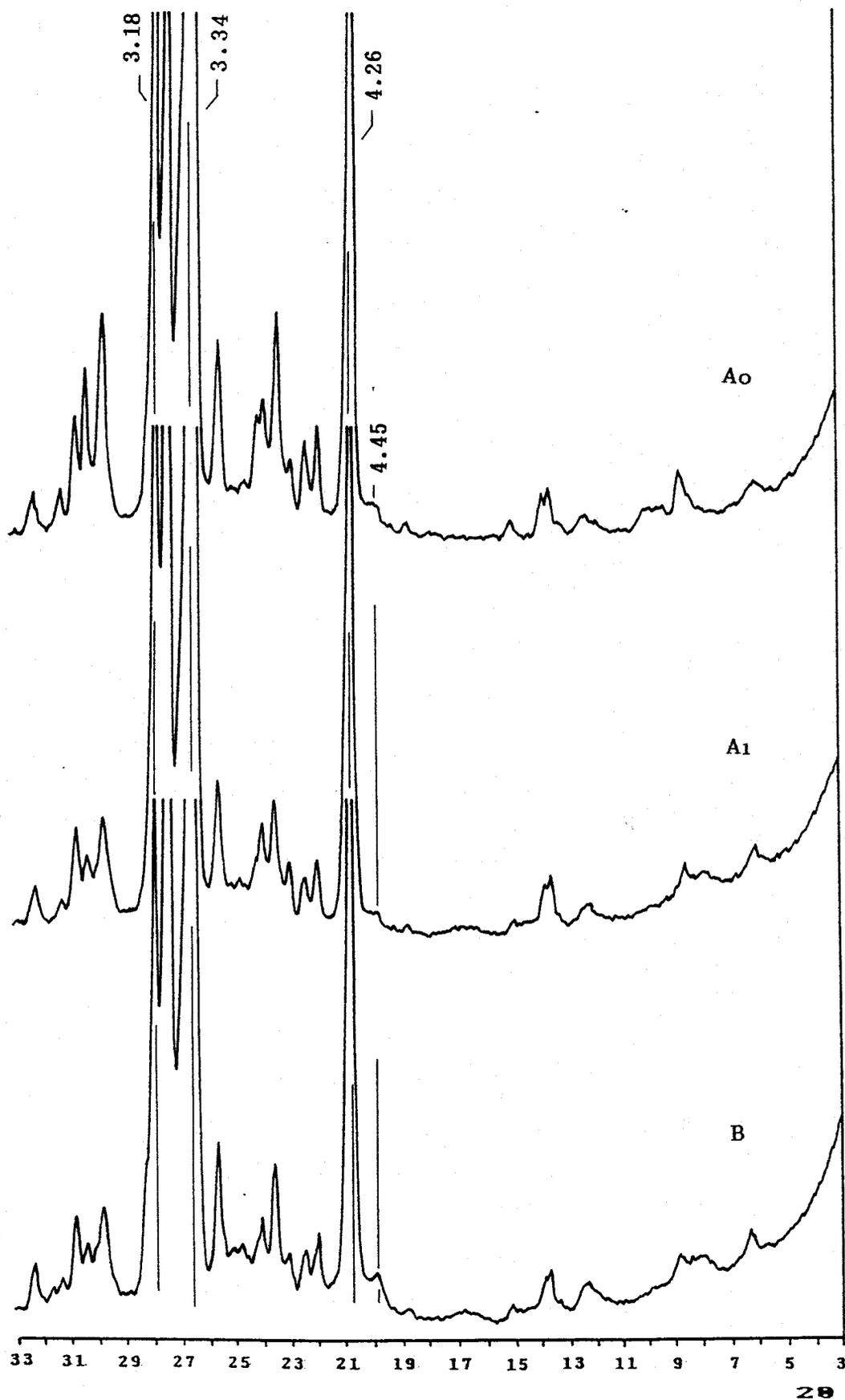


Fig. 63 .- Diagramas de difracción de rayos X de los distintos horizontes del perfil SG-3

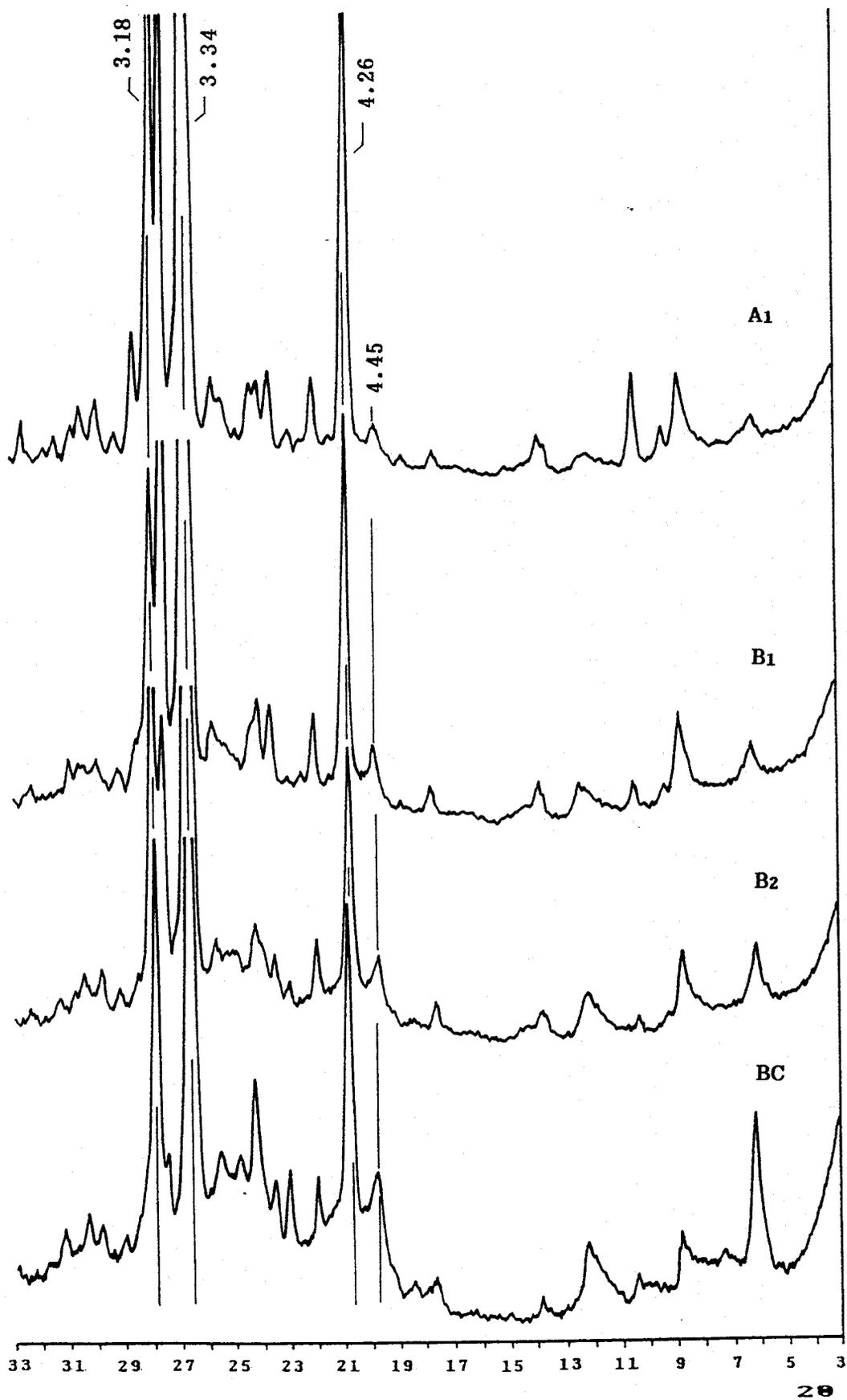


Fig. 64 .- Diagramas de difracción de rayos X de los distintos horizontes del perfil SG-4.

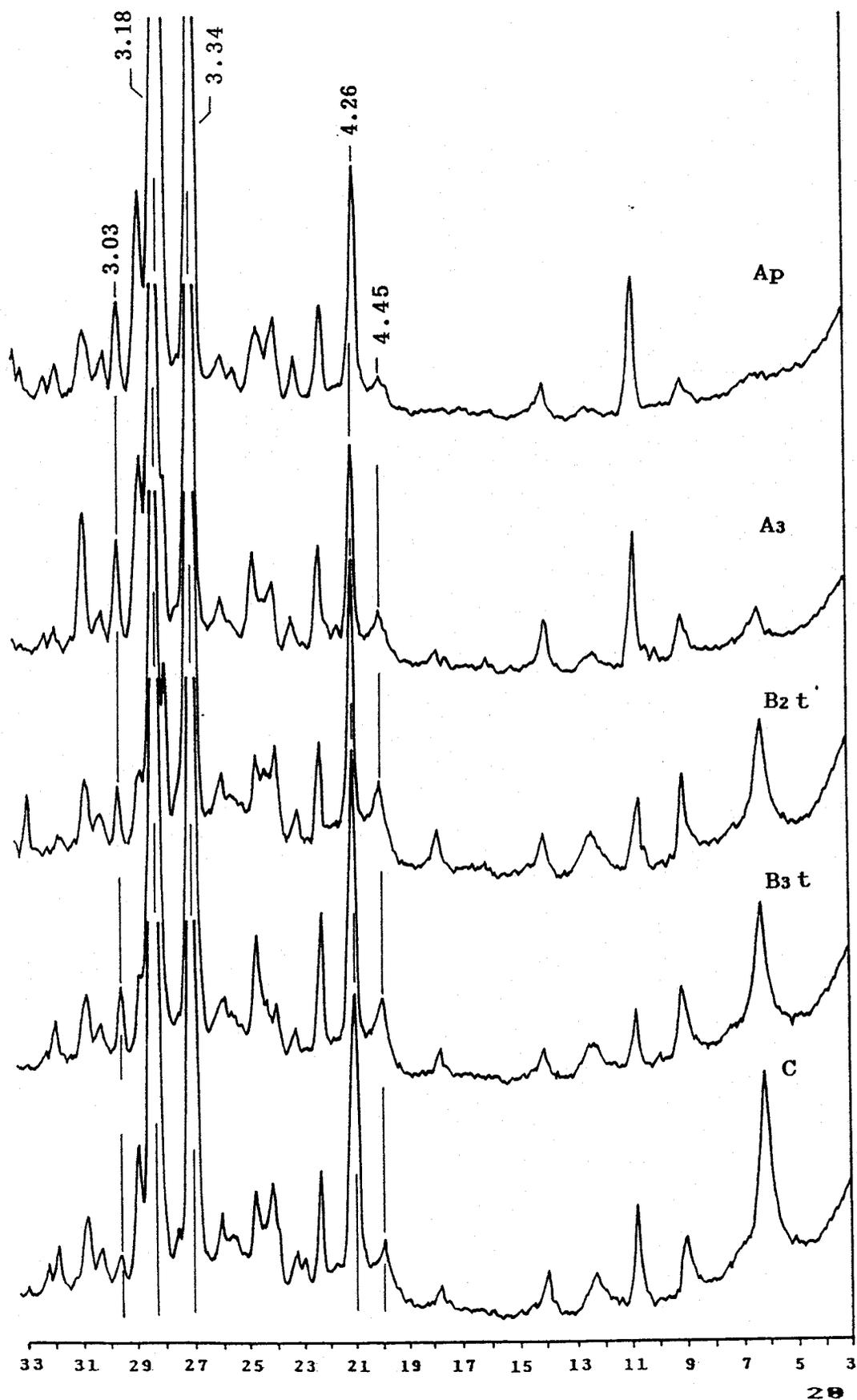


Fig. 65 .- Diagramas de difracción de rayos X de los distintos horizontes del perfil SG-6.

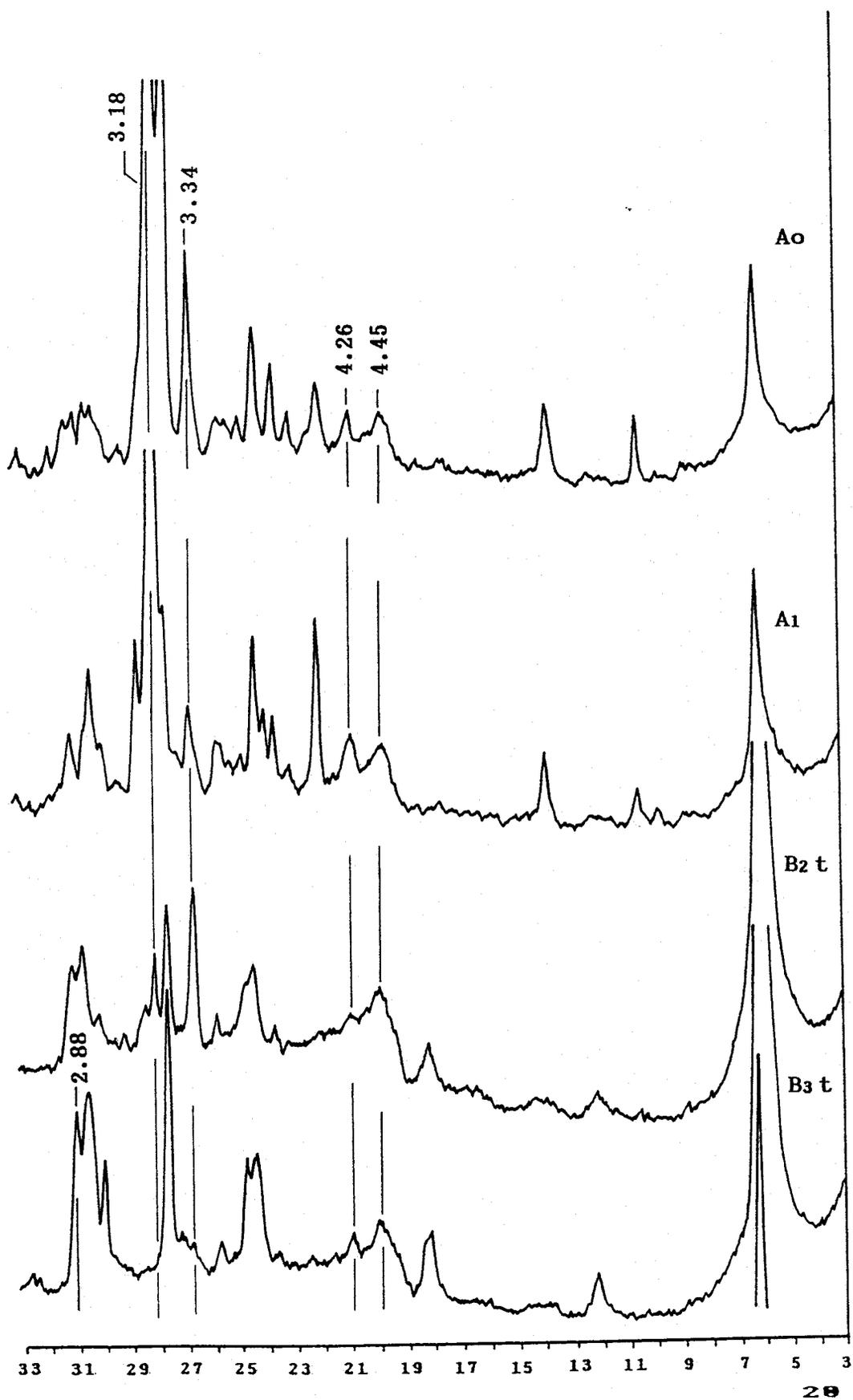


Fig. 66 .- Diagramas de difracción de rayos X de los distintos horizontes del perfil SG-5.

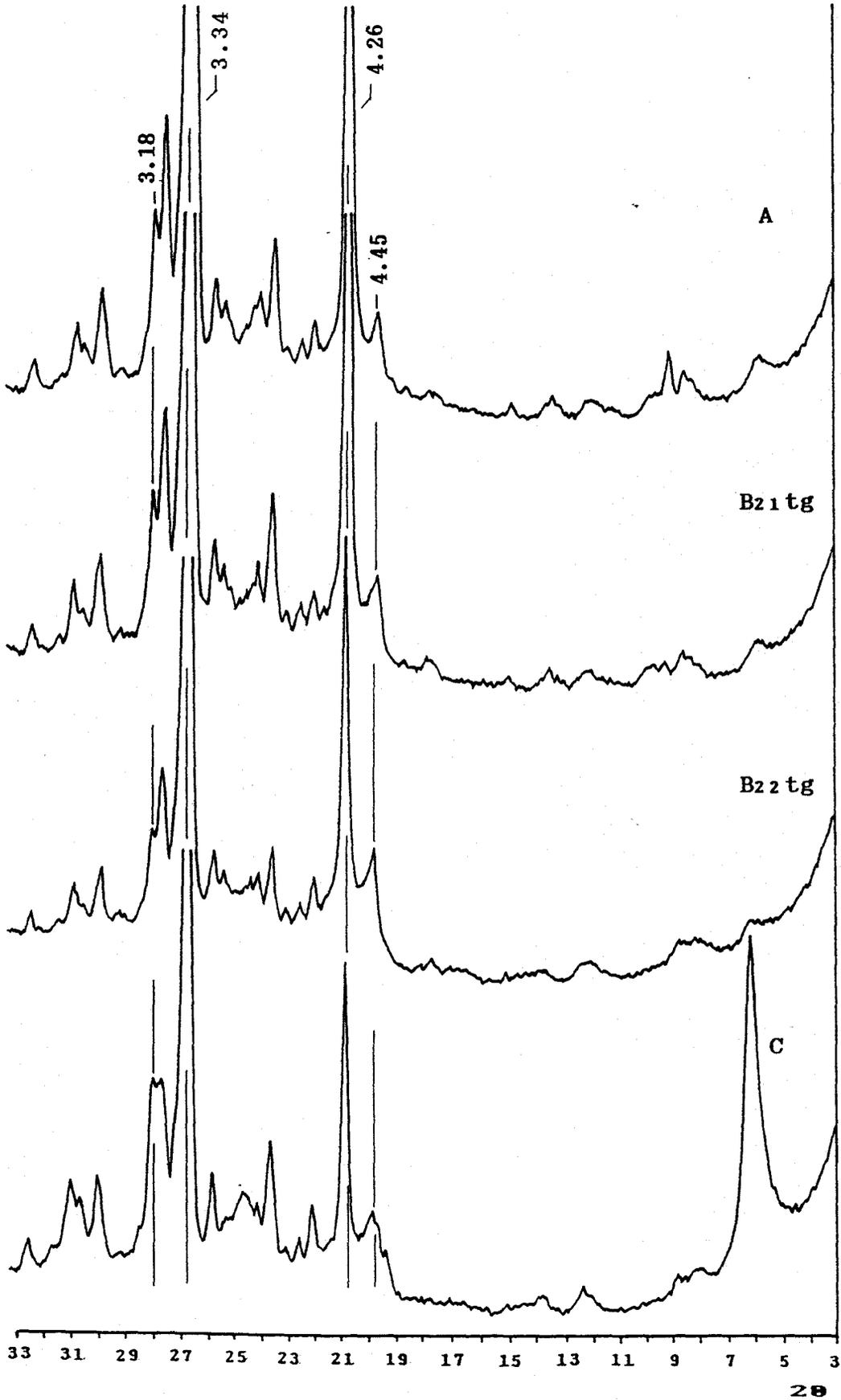


Fig. 67 .- Diagramas de difracción de rayos X de los distintos horizontes del perfil AG-11.

TABLA. IV-5

COMPOSICION MINERALOGICA SEMICUANTITATIVA DE PERFILES SOBRE GRANITOS.(%)

Perfil	Horiz.	Profun. (cm.)	CUARZO	FELDES.	CALC.	DOLOMI.	FILOS.
SG-3	Ao	0-3	46	25	--	--	29
	A1	3-15	50	34	--	--	16
	B	15-50	41	23	--	--	36
SG-4	A1	0-15	35	20	--	--	45
	B1	15-30	26	18	--	--	56
	B2	30-50	16	18	--	--	66
	BC	50-	13	7	--	--	80
SG-6	Ap	0-12	10	52	<5	--	34
	A3	12-37	11	26	<5	--	58
	B2t	37-60	11	17	<5	--	70
	B3t	60-72	13	26	<5	--	58
	C	72-	14	30	<5	--	54
SG-5	Ao	0-2	5	22	--	--	73
	A1	2-10	8	18	--	--	74
	B2t	10-55	--	<5	--	--	98
	B3t	55-70	<5	<5	--	<5	90
AG-11	A	0-25	32	8	--	--	60
	B21tg	25-35	35	6	--	--	59
	B22tg	35-80	15	<5	--	--	81
	C	80-140	13	7	--	--	80

TABLA. V-5

OXIDOS DE HIERRO Y ALUMINIO LIBRES EXTRAIDOS EN LOS PERFILES DE SUELOS SOBRE GRANITOS.

Perfil	Horiz.	Profun. (cm.)	Fe(o) %	Al(o) %	Fe(d) %
SG-3	Ao	0-3	0.12	0.19	0.54
	A1	3-15	0.18	0.32	0.54
	B	15-50	0.31	0.75	0.91
SG-4	A1	0-15	0.21	0.15	1.06
	B1	15-30	0.23	0.19	1.95
	B2	30-50	0.21	0.18	2.25
	BC	50-	0.34	0.21	2.72
SG-5	Ao	0-2	0.49	0.17	1.93
	A1	2-10	0.70	0.25	2.48
	B2t	10-55	0.47	0.27	2.42
	B3t	55-70	0.16	0.16	2.04
SG-6	Ap	0-12	0.17	0.10	0.55
	A3	12-37	0.18	0.10	0.73
	B2t	37-60	0.27	0.18	1.28
	B3t	60-72	0.23	0.16	1.15
	C	72-	0.22	0.12	1.06
AG-11	A	0-25	0.37	0.13	2.55
	B21tg	25-35	0.18	0.13	2.94
	B22tg	35-80	0.22	0.21	4.42
	C	80-140	0.19	0.15	2.25

Fe(o), Al(o)=hierro y aluminio extraído por el método de la oscuridad.

Fe(d)=hierro extraído con citrato-ditionito-bicarbon.

TABLA. VI-23

ELEMENTOS MAYORITARIOS DEL PERFIL SG-3 (%)			
	Ao	A1	B
SiO ₂	78.65	80.78	79.58
Al ₂ O ₃	6.95	7.28	8.20
Fe ₂ O ₃	1.14	1.16	1.60
TiO ₂	0.27	0.29	0.36
MgO	0.13	0.09	0.13
CaO	0.39	0.35	0.49
Na ₂ O	1.16	1.18	0.94
K ₂ O	3.08	3.37	3.60
PPC	6.24	4.80	4.17
TOTAL	98.01	99.30	99.07

TABLA. VII-23

ELEMENTOS MINORITARIOS DEL PERFIL SG-3 (mg/K)				
	Ao	A1	B	V.medio
Mn	268.80	214.00	110.40	197.73
Zn	35.20	22.00	25.60	27.60
Cu	17.60	9.20	5.20	10.67
Ni	8.00	11.20	14.80	11.33
Co	10.40	10.00	9.20	9.87
Cd	n.d.	n.d.	n.d.	--
Pb	70.40	54.80	62.80	62.67
Cr	7.60	8.00	11.60	9.07
Zr	80.00	140.00	110.00	110.00
Y	62.00	60.00	71.00	64.33
Sr	28.00	33.00	24.00	28.33
Rb	200.00	210.00	180.00	196.67
Ba	300.00	410.00	350.00	353.33
La	21.00	26.00	15.00	20.67
Ga	16.00	18.00	19.00	17.67
Sn	3.00	n.d.	n.d.	1.00
Nb	45.00	75.00	50.00	56.67

n.d. = no detectado

TABLA. VI-24

ELEMENTOS MAYORITARIOS DEL PERFIL SG-4 (%)				
	A1	B1	B2	BC
SiO ₂	73.30	71.67	73.63	67.68
Al ₂ O ₃	9.24	11.34	9.32	11.40
Fe ₂ O ₃	3.97	4.89	5.32	7.69
TiO ₂	1.34	1.38	1.38	1.26
MgO	0.97	1.13	1.19	1.89
CaO	1.35	1.26	0.63	0.71
Na ₂ O	1.51	1.27	1.10	1.27
K ₂ O	2.53	2.17	2.02	1.74
PPC	4.82	3.29	4.16	5.56
TOTAL	99.03	98.40	98.75	99.20

TABLA. VII-24

ELEMENTOS MINORITARIOS DEL PERFIL SG-4 (mg/K)					
	A1	B1	B2	BC	V.medio
Mn	1128.00	1136.00	844.00	632.00	935.00
Zn	33.20	33.60	38.80	44.80	37.60
Cu	20.00	26.40	36.40	50.40	33.30
Ni	50.40	66.40	76.80	112.00	76.40
Co	28.00	34.40	37.20	47.20	36.70
Cd	tr.	tr.	tr.	2.00	0.50
Pb	31.60	18.40	18.00	18.40	21.60
Cr	116.40	143.60	144.00	193.20	149.30
Zr	360.00	290.00	260.00	140.00	262.50
Y	--	--	--	--	--
Sr	206.00	138.00	108.00	111.00	140.75
Rb	100.00	71.00	95.00	100.00	91.50
Ba	760.00	720.00	750.00	680.00	727.50
La	18.00	20.00	23.00	41.00	25.50
Ga	17.00	17.00	18.00	19.00	17.75
Sn	9.00	n.d.	3.00	13.00	5.50
Nb	82.00	60.00	77.00	70.00	72.25

n.d. = no detectado

TABLA. VI-25

ELEMENTOS MAYORITARIOS DEL PERFIL SG-6 (%)					
	Ap	A3	B2t	B3	C
SiO ₂	81.79	82.29	75.37	77.71	78.47
Al ₂ O ₃	3.20	2.83	4.59	3.65	6.52
Fe ₂ O ₃	4.96	4.46	5.15	4.29	5.03
TiO ₂	0.91	0.84	0.87	0.77	0.91
MgO	0.38	0.59	0.56	0.55	0.64
CaO	2.43	2.31	1.16	1.33	1.61
Na ₂ O	2.35	2.21	1.57	1.78	1.91
K ₂ O	0.81	0.86	1.31	1.19	1.21
PPC	2.87	2.60	8.93	7.60	3.55
TOTAL	99.70	98.99	99.51	98.87	99.85

TABLA. VII-25

ELEMENTOS MINORITARIOS DEL PERFIL SG-6 (mg/K)						
	Ap	A3	B2t	B3	C	V.medio
Mn	744.40	645.60	530.40	547.00	613.50	616.18
Zn	44.00	43.60	55.20	42.40	59.20	48.88
Cu	12.80	14.00	21.60	18.80	19.60	17.36
Ni	32.40	26.00	33.20	28.40	33.20	30.64
Co	21.60	22.00	23.20	21.60	31.60	24.00
Cd	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	--
Pb	15.20	12.00	22.00	17.60	18.00	16.96
Cr	44.00	39.20	60.40	58.80	48.00	50.08
Zr	220.00	180.00	180.00	190.00	200.00	194.00
Y	--	--	--	--	--	--
Sr	230.00	230.00	140.00	160.00	160.00	184.00
Rb	79.00	42.00	81.00	72.00	60.00	66.80
Ba	300.00	370.00	510.00	480.00	420.00	416.00
La	29.00	6.00	30.00	24.00	33.00	24.40
Ga	29.00	18.00	19.00	18.00	23.00	21.40
Sn	10.00	6.00	n.d.	11.00	3.00	6.00
Nb	76.00	58.00	47.00	72.00	53.00	61.20

n.d. = no detectado

TABLA. VI-26

ELEMENTOS MAYORITARIOS DEL PERFIL SG-5 (%)				
	Ao	A1	B2t	B3t
SiO ₂	69.73	71.81	67.84	75.36
Al ₂ O ₃	4.38	3.55	5.60	2.68
Fe ₂ O ₃	6.12	6.95	8.39	6.36
TiO ₂	0.81	0.67	0.81	0.67
MgO	0.41	1.00	2.85	2.64
CaO	2.72	3.77	2.80	5.00
Na ₂ O	2.33	2.35	0.30	0.19
K ₂ O	1.72	1.11	0.30	1.19
PPC	11.70	8.02	10.75	4.41
TOTAL	99.92	99.23	99.64	98.50

TABLA. VII-26

ELEMENTOS MINORITARIOS DEL PERFIL SG-5 (mg/K)					
	Ao	A1	B2t	B3t	V.medio
Mn	2740.00	3072.00	5268.00	6240.00	4330.00
Zn	96.80	94.40	185.20	112.80	122.30
Cu	31.60	35.20	53.60	34.00	38.60
Ni	44.00	49.20	64.00	51.20	52.10
Co	28.40	28.00	28.80	18.80	26.00
Cd	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Pb	25.60	28.40	36.40	28.00	29.60
Cr	74.80	93.20	116.00	53.60	84.40
Zr	120.00	120.00	97.00	79.00	104.00
Y	--	--	--	--	--
Sr	190.00	160.00	11.00	20.00	95.25
Rb	65.00	55.00	36.00	44.00	50.00
Ba	430.00	430.00	330.00	240.00	357.50
La	30.00	29.00	46.00	22.00	31.75
Ga	15.00	16.00	18.00	15.00	16.00
Sn	n.d.	6.00	17.00	12.00	11.66
Nb	65.00	83.00	110.00	89.00	86.75

n.d. = no detectado

TABLA. VI-27

ELEMENTOS MAYORITARIOS DEL PERFIL AG-11 (%)				
	A	B21tg	B22tg	C
SiO ₂	72.31	70.15	68.23	65.41
Al ₂ O ₃	12.03	13.38	14.83	15.15
Fe ₂ O ₃	4.62	5.68	6.08	5.79
TiO ₂	1.04	1.01	0.82	0.71
MgO	0.77	0.77	1.06	4.14
CaO	0.18	0.13	0.14	0.45
Na ₂ O	0.70	0.67	0.57	1.08
K ₂ O	3.01	3.20	2.84	2.67
PPC	4.90	3.80	5.33	4.70
TOTAL	99.56	98.79	99.90	100.10

TABLA. VII-27

ELEMENTOS MINORITARIOS DEL PERFIL AG-11 (mg/K)					
	A	B21tg	B22tg	C	V.medio
Mn	684.50	342.80	502.20	616.40	536.48
Zn	60.80	64.40	67.20	53.60	61.50
Cu	18.00	19.60	20.00	42.00	24.90
Ni	20.80	22.00	24.80	47.60	28.80
Co	26.00	22.40	28.80	34.40	27.90
Cd	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Pb	41.20	35.20	36.00	24.00	34.10
Cr	75.20	83.20	89.60	137.60	96.40
Zr	150.00	130.00	130.00	96.00	126.50
Y	36.00	34.00	--	--	--
Sr	39.00	33.00	33.00	61.00	41.50
Rb	57.00	73.00	54.00	70.00	63.50
Ba	320.00	320.00	270.00	290.00	300.00
La	17.00	5.00	17.00	26.00	16.25
Ga	16.00	15.00	18.00	16.00	16.25
Sn	11.00	n.d.	1.00	n.d.	3.00
Nb	67.00	61.00	54.00	53.00	58.75

n.d. = no detectado

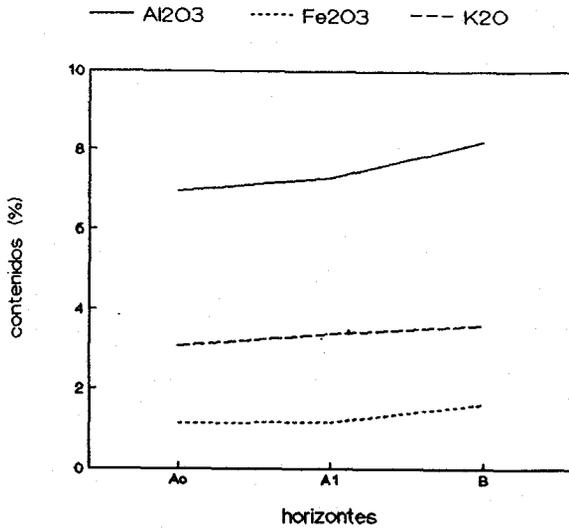
Los valores de Na_2O y K_2O son algo variables dentro de los márgenes en que suelen estar estos elementos, con contenidos medios de 1,32% y 2% respectivamente. Hay que destacar las correlaciones con una significación máxima entre Na_2O -Sr, K_2O -Pb y K_2O -Q de forma positiva; K_2O -A.F., K_2O -pH negativamente.

En cuanto al CaO y MgO se observa un aumento hacia el horizonte más bajo del perfil SG-5 (tabla VI-26), que pueden estar relacionado con los indicios de dolomita detectado en este perfil. Por otra parte y dada la alta capacidad de cambio, es probable que ambos elementos estén sujetos a procesos de intercambio catiónico que pueden explicar también los valores altos encontrados en el caso del calcio.

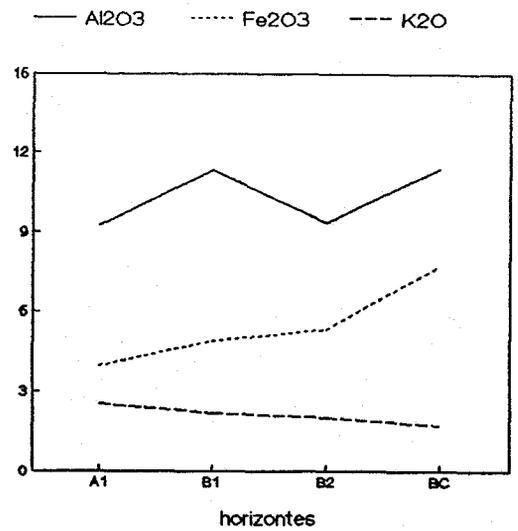
En la figura 69, se presentan las variaciones de aumento o disminución en el caso de los elementos minoritarios junto al aluminio e hierro, para los perfiles SG-4, SG-6 y AG-11.

Se puede observar, como más destacado sobre los demás, las variaciones del Sn, cuyos índices son altos, enriquecidos en todos los horizontes de los perfiles SG-6 y AG-11 y de forma contraria en el SG-4, esto coincide con la correlación que presenta este elemento con la proporción de la fracción más gruesa del suelo o más aún y con

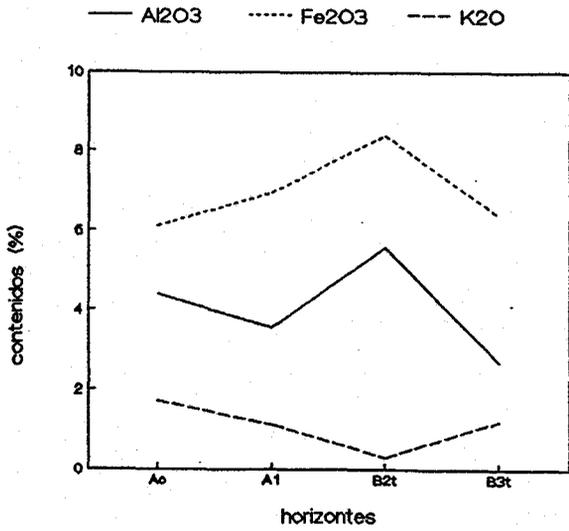
Perfil SG-3



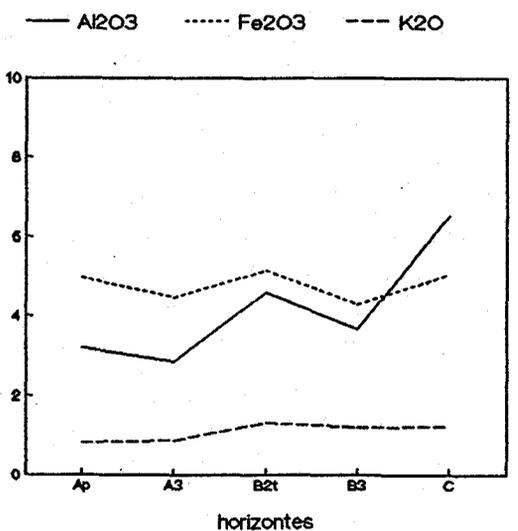
Perfil SG-4



Perfil SG-5



Perfil SG-6



Perfil AG-11

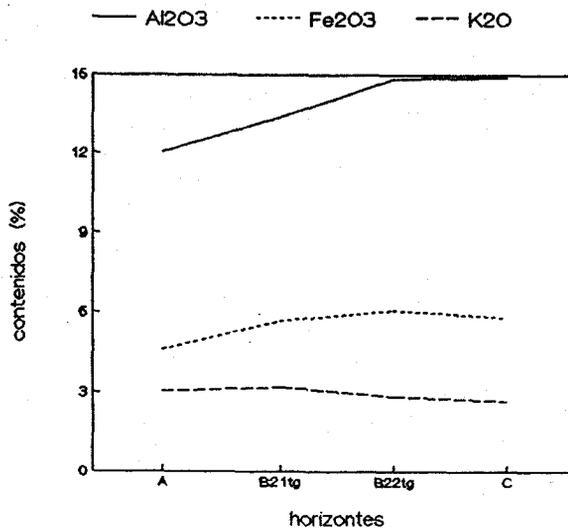


Fig. 68.- Representación de los valores de Fe, Al y K (expresados en óxidos) de los distintos horizontes en los perfiles de suelos sobre granitos.

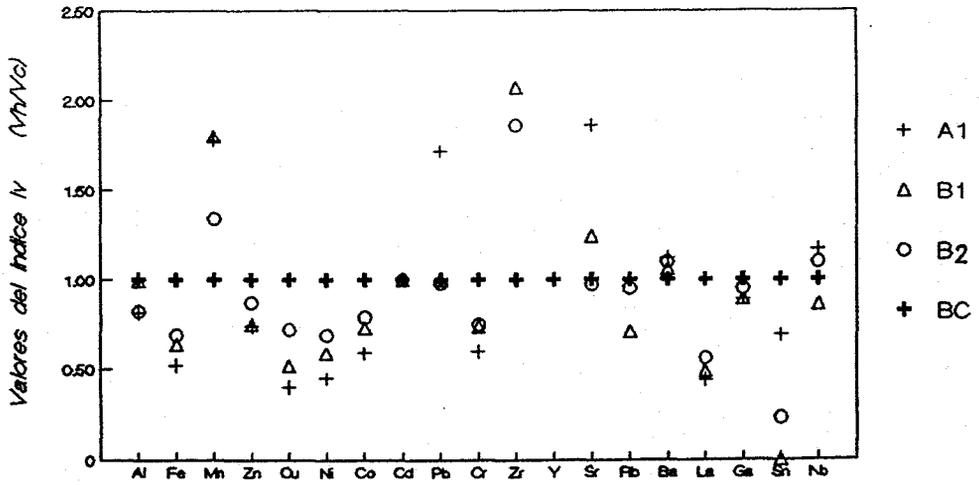
significación mayor, la correlación negativa con las fracciones más finas, limo y arcilla.

Por otra parte, el Cu, Ni, Co y La, presentan un empobrecimiento en los tres perfiles y en todos los horizontes, el Cu, Ni, Co y La, mientras que otros elementos como Ba, Ga y Nb no denotan una variación en su índice muy diferente a la unidad. Esto representa una mínima variación entre sus horizontes.

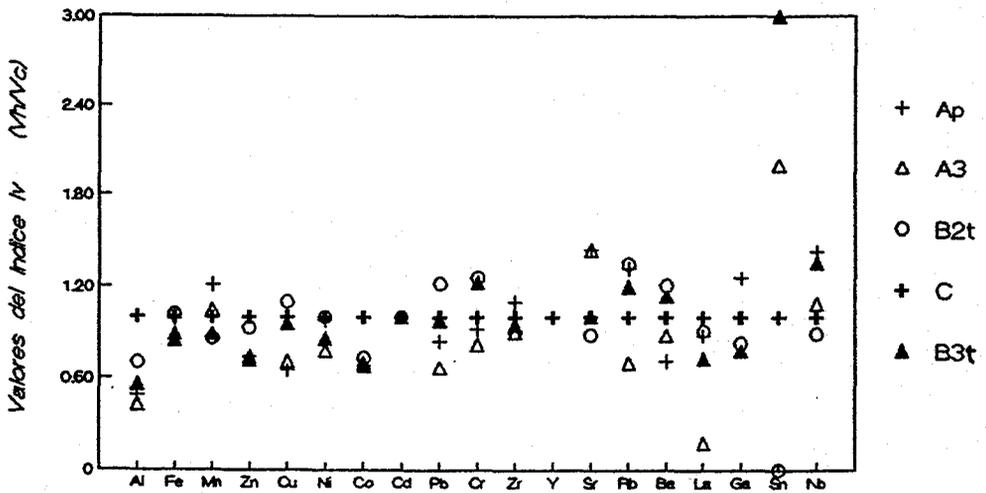
Los elementos que guardan una cierta similitud en su variación a lo largo de los cuatro perfiles son Co, Ni y Cr, lo que también se ha podido constatar en grupos anteriores. Aumentando sus contenidos de forma general hacia los horizontes más profundos y con la secuencia de Cr>Ni>Co, observándose claramente en la figura 70.

En la tabla XII, en la columna 6, se presentan los rangos de variación de todos los elementos estudiados de este grupo, así como sus valores medios y desviaciones típicas. En cuanto a las medias de los tres elementos anteriores sólo son inferiores a los correspondientes en suelos sobre pizarras, ello significa valores altos dentro de la generalidad de suelos tratados en este estudio. Los tres elementos y sobre todo el Ni y Cr presentan contenidos altos en el perfil SG-4, correlacionándose además positivamente y con significación

Perfil SG-4



Perfil SG-6



Perfil AG-11

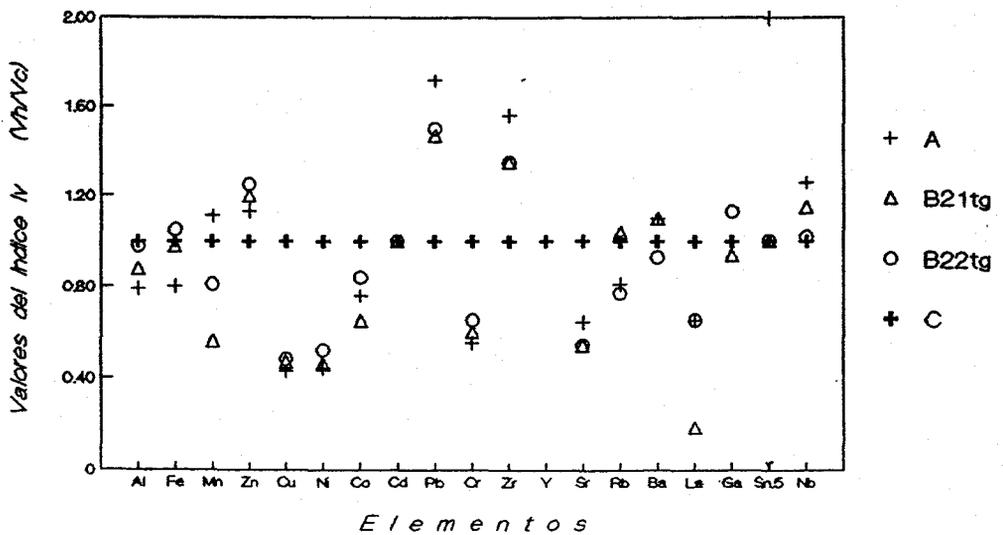


Fig. 69.- Representación de los índices de variación para Fe, Al y elementos minoritarios de los perfiles SG-4, SG-6 y AG-11.

alta con el porcentaje de TiO_2 , esto junto a la observación de que es el perfil que tiene los mayores contenidos en Ti, hace pensar en una relación de sustitución en los minerales de este elemento.

Con significación de 99,9%, se pueden destacar también para los tres elementos correlaciones positivas con $\%Fe_2O_3$, así como Ni y Co con filosilicatos, Ni con Ba y negativamente del Cr con $\%SiO_2$.

En cuanto al elemento Zn, tiene valores altos, del mismo orden a los encontrados en los perfiles sobre pizarras. Se puede destacar, dentro del grupo, valores máximos para el perfil SG-5 (figura 70) al igual que le ocurre al Mn y de forma menos pronunciada en el caso de Cu.

El Mn en estos suelos presenta los contenidos más altos que se han encontrado de las 119 muestras analizadas y concretamente para el horizonte más bajo (6244ppm) y al contrario de lo usual aumenta hacia los horizontes más bajos, siendo la media de 1344ppm.

Los tres elementos: Mn, Zn y Cu al igual que los tres anteriores tienen los valores más pequeños en el perfil SG-3 y con diferencia del resto, coincidiendo con la baja proporción de arcilla.

En cuanto a las correlaciones para Mn, Zn y Cu

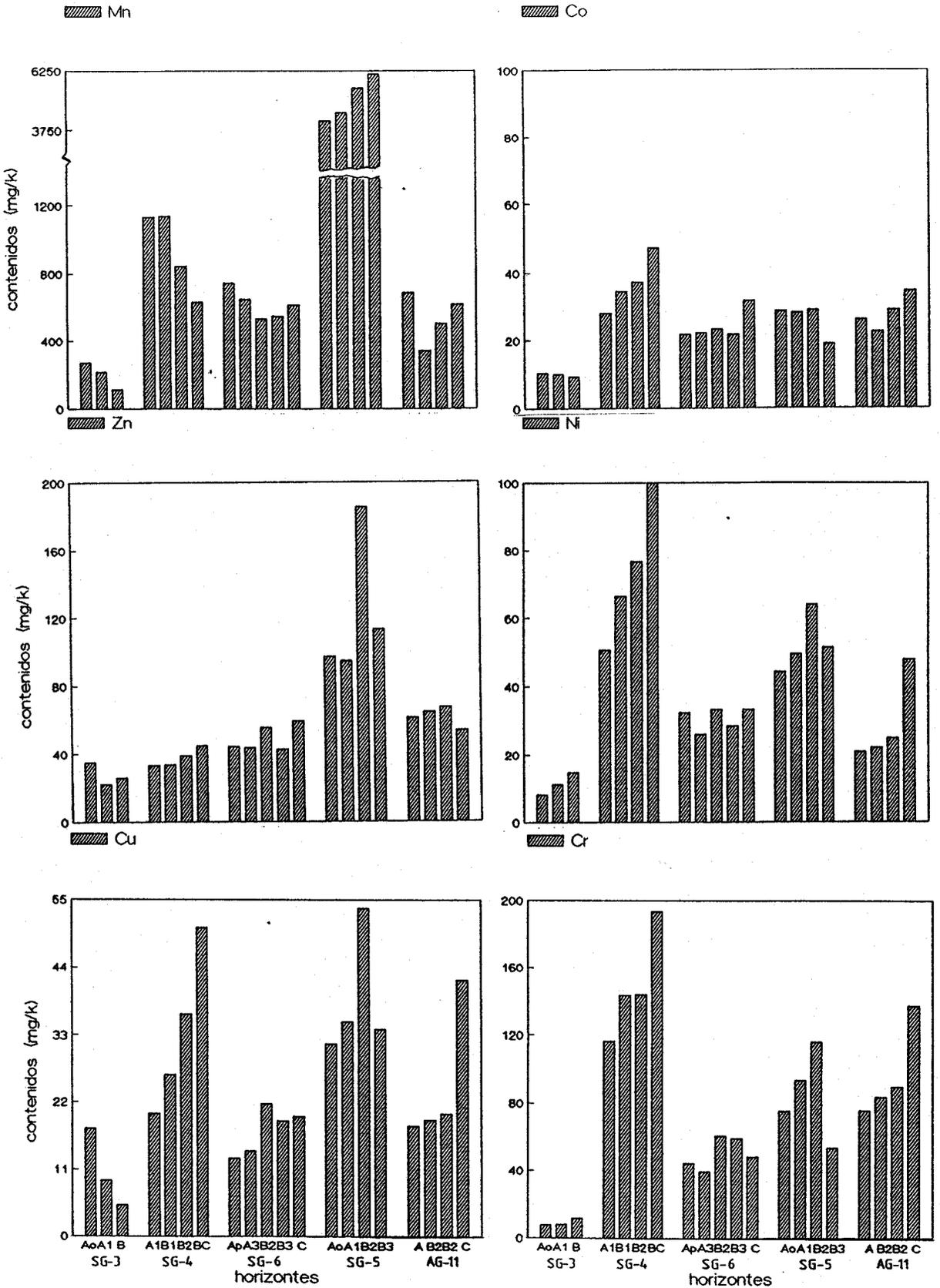


Fig. 70.- Histogramas de contenidos de los elementos Mn, Co, Zn, Ni, Cu y Cr en los perfiles de suelos sobre granitos.

destacan de forma positiva y con 99,9% de significación la que presentan con la capacidad de cambio catiónico y, a nivel del 99%, con pH y cuarzo, positiva en el primer caso y negativa en el segundo. También con la proporción de arcilla se correlacionan el Zn y Cu con una significación media, mientras que el Mn y Zn establecen correlación a este mismo nivel con CaO, Nb y Cu. También en el caso de Cu se observa relación positivas y al máximo nivel con Ni, Co y Cr (tabla VIII-5).

Cabe destacar que todas estas correlaciones y en general las variaciones que presentan los elementos Mn, Zn y Cu tienen la base común en su relación con la capacidad de cambio, presentando valores altos y con variaciones análogas a la de los elementos anteriores y el pH.

El Pb junto al Rb, tienen sus valores más altos de contenidos en el perfil SG-3 (figura 71), también son los valores máximos encontrados respecto a la totalidad de muestras estudiadas, para el primero 70,4ppm en el horizonte más superficial y 210ppm para el segundo horizonte de este mismo perfil, aunque los valores medios en el grupo no destacan especialmente (30,4ppm para el Pb y 87,2ppm para el Rb). La causa de los altos valores alcanzados en este perfil (SG-3) puede deberse a su acumulación en la fracción más gruesa del suelo, dado el

alto porcentaje que alcanza esta fracción (entre 61,86% y 72,8%), con diferencia respecto a los demás perfiles, así lo justifica la correlación que presentan ambos elementos con dicha fracción de forma positiva y con una alta significación al igual que con el cuarzo y, de forma negativa (99,9% de significación), con la arena fina. También se puede destacar la relación que presenta con K_2O y además, $Pb-Sr$ y $Rb-Fe_2O_3$, ambas de signo negativo (tabla VIII-5).

Los elementos Ba y Sr no tienen un criterio común de variación en cuanto a aumentos o disminuciones en sus horizontes, quizá solamente pueda comentarse como generalización para el Sr que, en aquellos perfiles con mayor proporción, suele estar presente en los horizontes superficiales con mayor contenido. Posiblemente, ambos elementos estén sujetos a las variaciones de otros minerales donde han entrado por sustitución. Así el Sr, se correlaciona positivamente con Na_2O ($P < 0.001$) y con la proporción de feldespatos ($P < 0.01$). Esto da pie a pensar que este elemento pueda estar formando parte de estos minerales, el mismo hecho también se observa en el perfil SG-5 (figura 71), donde los contenidos de Sr se presentan más bajos, coincidiendo con los valores más pequeños en feldespatos, según la estimación semicuantitativa. Por otra parte, el elemento Ba es muy abundante en el

perfil SG-4 como le ocurre al TiO_2 , de acuerdo con la correlación positiva existente entre ambos elementos, aunque igualmente puede ser atribuido a la existencia de mica según MOURA y KROONENBERG (1988).

Para AUBERT y PINTA (1977) ambos elementos sufren variaciones intensas, dependientes del clima y grado de meteorización, en suelos con el mismo tipo de material original.

El elemento Zr (figura 71), se puede incluir, en este grupo de perfiles junto al Ba y al Sr, dada su análoga variación relativa, estando sus contenidos entre los correspondientes al Sr, por debajo, y al Ba por encima. Así lo confirman las correlaciones positivas y a nivel del 99% de significación Zr-Ba y Zr-Sr, al igual que con el TiO_2 a nivel de 99,9%.

Aunque es conocida la acumulación del Zr en la fracción más gruesa, no se encuentra correlación en este caso con dicha fracción, comprobándose que generalmente los contenidos son mayores en los horizontes más superficiales. Dada la correlación anteriormente citada de este elemento con TiO_2 , se puede pronosticar algún tipo de sustitución en sus minerales.

En estos suelos, los elementos La, Sn y Nb no presentan una variación clara a lo largo de los

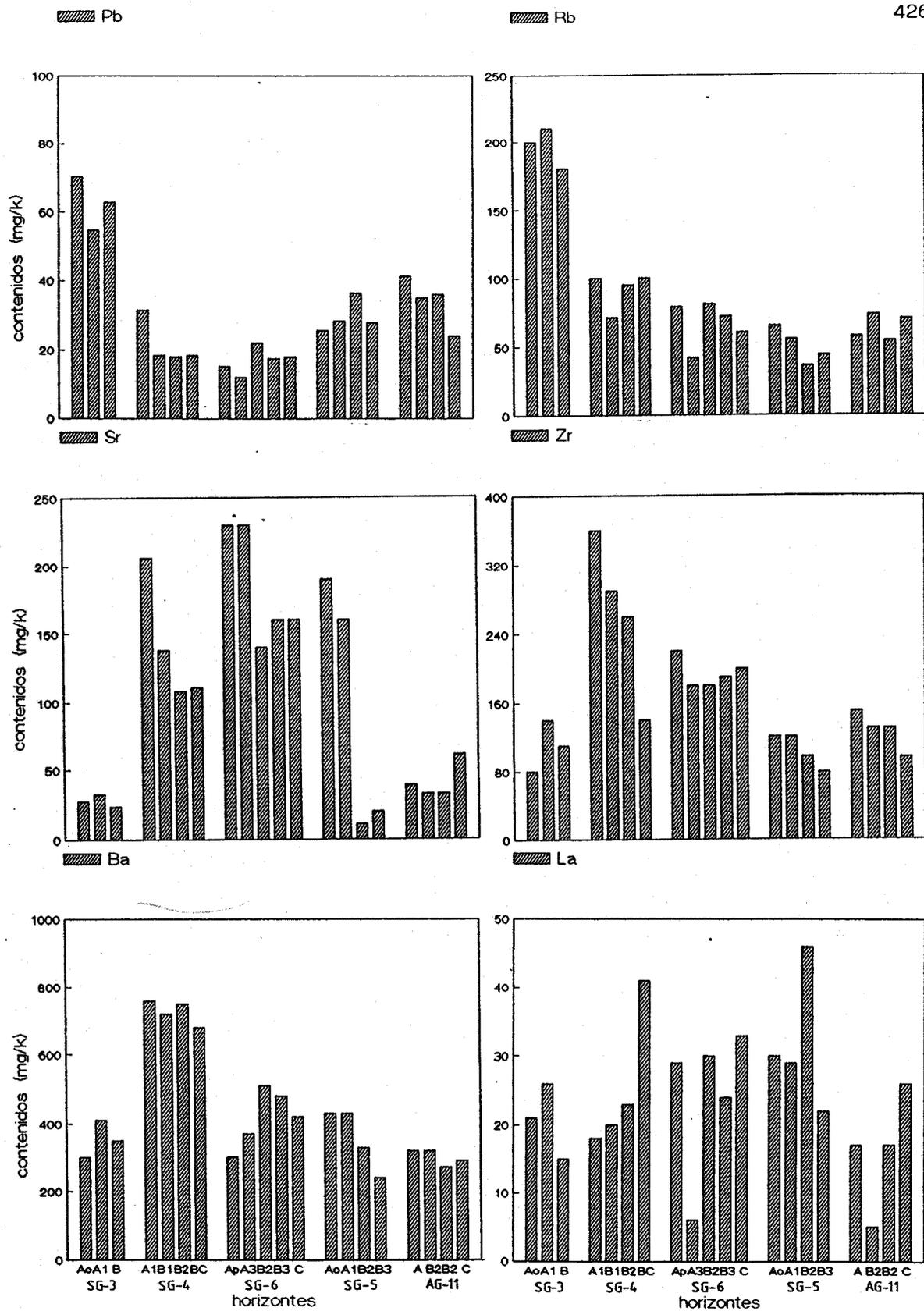


Fig. 71.- Histogramas de contenidos de los elementos Pb, Rb, Sr, Zr, Ba y La en los perfiles de suelos sobre granitos.

perfiles (figuras 71 y 72), con aumentos en unos casos hacia los horizontes bajos y en otros con una acumulación en los horizontes B, como es el caso del perfil SG-5 en cuyo horizonte B2t es donde se encuentra el mayor contenido para los tres elementos (46ppm para La, 17ppm para Sn y 110ppm para Nb) esto puede explicarse por la alta proporción de arcilla en este horizonte (43,96%).

El Sn (figura 72), presenta los valores más bajos de todos los suelos estudiados, con un valor medio tan sólo de 5,25ppm y con rango entre 0ppm y 17ppm, comparable a los contenidos obtenidos en los dos perfiles sobre rocas volcánicas. Se encuentra correlación positiva y con significación del 99,9% de este elemento con Nb, mientras que para el La no se observan correlaciones superiores al 95% de significación (tabla VIII-5).

Para el Ga se obtienen contenidos similares a los suelos sobre pizarras, siguiendo la tónica general de igualdad en los distintos perfiles y con mínimas variaciones entre el horizonte superficial y el más profundo. Así como se deduce de su rango entre 15 y 29ppm, con un contenido medio de 18ppm. No obstante el valor más alto de 29ppm corresponde al horizonte más superficial del perfil SG-4, coincidiendo con la proporción más alta de feldespatos (52%) y con una correlación muy alta entre

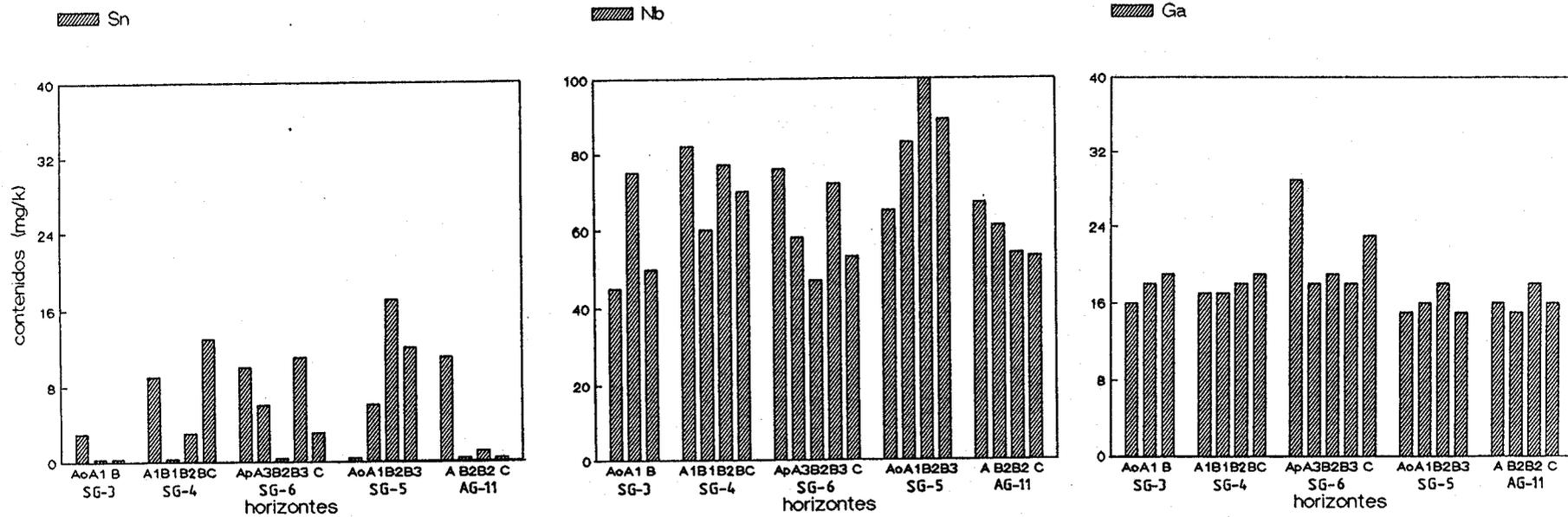


Fig. 72.- Histogramas de contenidos de los elementos Sn, Nb y Ga en los perfiles de suelos sobre granitos.

ambos parámetros, esto parece indicar con gran probabilidad que el elemento Ga tiene su origen en estos minerales como sustituyentes de otros cationes.

TABLA. VIII-5.- MATRIZ DE CORRELACIONES DE LOS PARAMETROS ANALIZADOS EN PERFILES DE SUELOS SOBRE GRANITOS.

	Valores de r para 20 casos																				NIVELES DE SIGNIFICACION						
Zn	0.852																				0,378-0,444	0,05 < P < 0,1 (90%)					
Cu	0.565	0.624																			0,444-0,561	0,01 < P < 0,05 (95%)					
Ni	0.324	0.236	0.816																		0,561-0,679	0,05 < P < 0,01 (99%)					
Co	0.058	0.154	0.713	0.841																	0,679-1,000	P < 0,001 (99,9%)					
Cd	-0.099	-0.098	0.449	0.664	0.540																						
Pb	-0.108	-0.086	-0.341	-0.533	-0.672	-0.180																					
Cr	0.120	0.165	0.769	0.878	0.919	0.531	-0.501																				
Zr	-0.302	-0.436	-0.198	0.237	0.306	-0.075	-0.440	0.293																			
Y	-0.169	-0.111	0.043	-0.106	0.013	-0.070	0.174	0.041	-0.262																		
Sr	-0.166	-0.244	-0.131	0.165	0.266	0.016	-0.677	0.079	0.617	-0.257																	
Rb	-0.453	-0.564	-0.442	-0.345	-0.555	0.059	0.743	-0.430	-0.091	0.138	-0.306																
Ba	-0.204	-0.350	0.205	0.618	0.534	0.348	-0.360	0.582	0.768	-0.268	0.427	0.059															
La	0.379	0.471	0.640	0.535	0.400	0.401	-0.176	0.327	-0.144	0.012	0.027	-0.093	0.144														
Ga	-0.263	-0.205	-0.265	-0.024	0.011	0.074	-0.291	-0.175	0.296	-0.011	0.422	0.016	-0.019	0.287													
Sn	0.513	0.477	0.413	0.388	0.202	0.332	-0.207	0.226	-0.004	-0.357	0.047	-0.361	-0.007	0.411	0.159												
Nb	0.726	0.630	0.498	0.425	0.158	0.038	-0.165	0.277	0.063	-0.333	-0.025	-0.305	0.103	0.428	-0.015	0.726											
SiO ₂	-0.263	-0.449	-0.747	-0.542	-0.669	-0.295	0.143	-0.780	0.167	-0.245	0.295	0.419	-0.122	-0.279	0.475	-0.054	-0.177										
Al ₂ O ₃	-0.423	-0.248	0.120	0.124	0.377	0.206	0.167	0.491	0.042	0.400	-0.445	0.065	0.107	-0.230	-0.262	-0.315	-0.317	-0.608									
Fe ₂ O ₃	0.556	0.698	0.801	0.680	0.737	0.329	-0.622	0.688	-0.097	-0.080	0.102	-0.822	0.058	0.458	-0.053	0.436	0.472	-0.687	0.043								
TiO ₂	-0.048	-0.052	0.340	0.660	0.782	0.291	-0.665	0.764	0.715	-0.333	0.405	-0.514	0.704	0.023	0.075	0.204	0.185	-0.385	0.306	0.495							
MgO	0.492	0.491	0.773	0.525	0.487	0.180	-0.261	0.591	-0.251	0.365	-0.302	-0.436	-0.103	0.341	-0.249	0.307	0.351	-0.654	0.299	0.605	0.164						
CaO	0.840	0.608	0.312	0.222	-0.014	-0.132	-0.343	-0.068	-0.132	-0.251	0.290	-0.477	-0.162	0.280	0.017	0.438	0.569	0.091	-0.730	0.443	-0.068	0.228					
Na ₂ O	-0.269	-0.287	-0.225	-0.044	0.067	-0.018	-0.429	-0.147	0.324	-0.170	0.886	-0.063	0.225	0.082	0.398	-0.144	-0.180	0.379	-0.498	-0.073	0.047	-0.443	0.222				
K ₂ O	-0.536	-0.537	-0.424	-0.393	-0.314	-0.061	0.686	-0.153	-0.085	0.281	-0.521	0.641	-0.046	-0.512	-0.353	-0.553	-0.479	-0.068	0.672	-0.608	-0.217	-0.221	-0.732	-0.387			
A.G.	-0.420	-0.642	-0.545	-0.396	-0.551	-0.091	0.527	-0.513	0.059	0.068	0.067	0.851	0.069	-0.218	0.060	-0.369	-0.330	0.592	-0.149	-0.862	-0.478	-0.492	-0.236	0.301	0.477		
A.F.	0.164	0.143	0.101	0.230	0.309	-0.060	-0.796	0.193	0.433	-0.259	0.545	-0.685	0.127	0.078	0.440	0.388	0.216	0.099	-0.315	0.455	0.504	0.189	0.381	0.239	-0.701		
L.	0.118	0.391	0.304	0.108	0.391	-0.004	-0.146	0.372	-0.115	-0.222	-0.219	-0.579	-0.106	-0.060	-0.345	0.182	0.043	-0.603	0.396	0.510	0.408	0.233	-0.141	-0.331	0.021		
A.	0.492	0.720	0.629	0.381	0.403	0.204	-0.131	0.438	-0.406	0.234	-0.417	-0.499	-0.186	0.341	-0.232	0.211	0.354	-0.676	0.235	0.748	0.105	0.517	0.175	-0.481	-0.245		
M.O.	-0.035	-0.059	-0.288	-0.360	-0.426	-0.177	0.467	-0.444	-0.135	-0.107	0.143	0.482	-0.060	0.064	-0.131	-0.264	-0.058	0.222	-0.316	-0.419	-0.445	-0.545	0.057	0.417	0.220		
CO ₃ ⁻	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
pH(a)	0.653	0.581	0.636	0.544	0.451	-0.108	-0.489	0.505	0.240	-0.112	0.347	-0.582	0.316	0.388	-0.199	0.286	0.566	-0.438	-0.255	0.628	0.398	0.504	0.620	0.152	-0.594		
pH(s)	0.647	0.566	0.432	0.298	0.166	-0.244	-0.096	0.289	0.113	0.033	0.142	-0.340	0.134	0.281	-0.249	0.160	0.495	-0.408	-0.179	0.409	0.159	0.371	0.547	0.016	-0.299		
C.C.	0.815	0.877	0.700	0.323	0.171	0.004	-0.091	0.215	-0.468	0.109	-0.318	-0.424	-0.319	0.554	-0.213	0.442	0.549	-0.462	-0.178	0.600	-0.109	0.701	0.523	-0.391	-0.468		
Q	-0.563	-0.622	-0.606	-0.491	-0.521	-0.110	0.734	-0.368	0.099	-0.027	-0.350	0.808	0.057	-0.474	-0.163	-0.392	-0.361	0.312	0.360	-0.826	-0.271	-0.474	-0.646	-0.215	0.849		
F	-0.402	-0.495	-0.597	-0.356	-0.372	-0.212	-0.050	-0.519	0.349	-0.141	0.583	0.380	0.061	-0.011	0.691	-0.158	-0.163	0.780	-0.488	-0.539	-0.200	-0.630	0.013	0.713	-0.120		
Ca	-0.229	-0.198	-0.376	-0.238	-0.141	-0.122	-0.504	-0.349	0.228	-0.163	0.652	-0.250	-0.122	-0.131	0.598	0.155	-0.142	0.627	-0.539	-0.077	0.001	-0.295	0.190	0.589	-0.546		
D	0.681	0.324	0.156	0.097	-0.170	-0.053	-0.039	-0.123	-0.270	-0.070	-0.265	-0.201	-0.274	-0.045	-0.221	0.289	0.314	0.059	-0.294	0.167	-0.134	0.350	0.624	-0.397	-0.192		
filo.	0.619	0.728	0.798	0.567	0.601	0.213	-0.445	0.595	-0.281	0.117	-0.136	-0.763	-0.056	0.350	-0.329	0.344	0.346	-0.727	0.089	0.894	0.313	0.711	0.403	-0.297	-0.475		
Fe(o)	0.401	0.534	0.425	0.274	0.254	0.112	-0.043	0.241	-0.229	-0.178	0.092	-0.294	0.046	0.432	-0.210	0.207	0.372	-0.391	-0.201	0.481	0.002	0.057	0.375	0.238	-0.295		
Fe(d)	0.212	0.405	0.503	0.355	0.541	0.217	-0.136	0.592	-0.231	0.240	-0.381	-0.499	-0.064	0.023	-0.377	0.039	0.126	-0.819	0.592	0.664	0.340	0.431	-0.092	-0.468	0.095		
Al(o)	-0.063	-0.100	-0.215	-0.164	-0.407	0.007	0.594	-0.263	-0.267	0.254	-0.406	0.545	-0.071	-0.013	-0.038	-0.211	-0.088	0.146	0.029	-0.378	-0.458	-0.170	-0.162	-0.227	0.399		

TABLA. VIII-5 (cont.).- MATRIZ DE CORRELACIONES DE LOS
PARAMETROS ANALIZADOS EN PERFILES DE SUELOS SOBRE GRANITOS.

	Valores de r para 20 casos															NIVELES DE SIGNIFICACION			
A.F.	-0.561																	0,378-0,444	0,05 < P < 0,1 (90%)
L.	-0.700	0.161																0,444-0,561	0,01 < P < 0,05 (95%)
A.	-0.777	0.032	0.426															0,561-0,679	0,05 < P < 0,01 (99%)
M.O.	0.605	-0.579	-0.269	-0.360														0,679-1,000	P < 0,001 (99,9%)
CO ₃ ⁻	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000														
pH(a)	-0.438	0.395	0.155	0.295	-0.052	0.000													
pH(s)	-0.262	0.113	0.116	0.258	0.199	0.000	0.871												
C.C.	-0.516	0.117	0.228	0.630	-0.134	0.000	0.555	0.515											
Q	0.700	-0.616	-0.239	-0.525	0.330	0.000	-0.629	-0.375	-0.607										
F	0.623	0.098	-0.628	-0.721	0.423	0.000	-0.258	-0.252	-0.504	0.201									
Ca	-0.006	0.640	-0.246	-0.337	-0.165	0.000	-0.091	-0.310	-0.217	-0.310	0.595								
D	-0.158	0.193	-0.061	0.148	-0.236	0.000	0.158	0.171	0.442	-0.253	-0.306	-0.122							
filo.	-0.850	0.318	0.559	0.811	-0.458	0.000	0.592	0.426	0.719	-0.785	-0.762	-0.203	0.324						
Fe(o)	-0.278	-0.151	0.313	0.393	0.325	0.000	0.480	0.516	0.267	-0.372	-0.212	-0.268	-0.187	0.413					
Fe(d)	-0.714	-0.050	0.664	0.807	-0.361	0.000	0.150	0.145	0.282	-0.311	-0.774	-0.494	0.059	0.709	0.314				
Al(o)	0.358	-0.553	-0.312	0.041	0.200	0.000	-0.270	0.018	-0.082	0.368	0.008	-0.322	-0.078	-0.235	0.209	-0.123			
	A.G.	A.F.	L.	A.	M.O.	CO ₃ ⁻	pH(a)	pH(s)	C.C.	Q	F	Ca	D	filo.	Fe(o)	Fe(d)			

III.1.6. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE VULCANITAS

III.1.6. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE VULCANITAS.

Se estudian en este grupo los perfiles de suelo AR-10 (Lithic ruptic-xerorthentic xerochrepts) y SV-7 (Typic xerochrepts), ambos se caracterizan por un escaso desarrollo, sobre todo el primero, presentando únicamente dos horizontes A con la roca consolidada muy cercana a la superficie. El segundo de ellos (SV-7), tiene un horizonte B de alteración y otro algo más profundo con existencia de hidromorfía según la descripción realizada anteriormente. No obstante, ninguno de los dos tienen variaciones grandes entre sus horizontes como se puede ver por los datos obtenidos en los análisis físico-químicos generales.

Ambos perfiles presentan un carácter ácido, algo más moderado en el perfil SV-7 con valores entre 5,8 y 6,3, mientras que AR-10 tiene un valor medio de 4,7 (tablas I-28 y I-29). De acuerdo con los valores anteriores no se observa la existencia de carbonatos en ninguno de los dos perfiles.

Los datos de textura del perfil AR-10 se presentan en la tabla II-28 y reflejan una distribución bastante uniforme de todas las fracciones, si acaso con una proporción algo más alta en la fracción limo, con valores en torno al 40%, siendo la arcilla y la fracción arena fina las que presentan proporciones más pequeñas, con valores

medios aproximados de 16% en ambos casos y disminución hacia el horizonte más bajo. Algo similar ocurre en el perfil SV-7, con valores en la fracción limo entre 24% y 32%, teniendo una menor proporción la fracción más gruesa, entre 13% y 26% (tabla II-29).

La materia orgánica en ambos perfiles se caracteriza por una acumulación en los horizontes más superficiales, 6,19% y 3,2% para AR-10 y SV-7 respectivamente, no superando el valor del 2% en los horizontes siguientes.

La capacidad de cambio catiónico que presentan estos suelos se puede considerar media, con valores en torno a 20 cmol (+) 1/Kg para el perfil SV-7 y pequeñas variaciones entre sus horizontes (tabla III-29). En el perfil AR-10 se encuentran para este parámetro valores muy diferentes en los dos horizontes (tabla III-28) correspondiendo el más alto de 23,14 al horizonte superficial, que puede estar influenciado por el contenido en ese mismo horizonte de la materia orgánica, de acuerdo también con los datos presentados por CARPENA et al. (1971).

En cuanto a la composición mineralógica, cuyos datos se presentan en la tabla IV-6, obtenidos de los diagramas de rayos X (figuras 73 y 74), predominan los

TABLA. I-28

VALORES DE NITROGENO, HUMEDAD, CARBONATOS Y pH DEL PERFIL AR-10.

Horiz.	Profund. (cm.)	N %	C/N	H %	CaCO ₃ %	H ₂ O	pH	KCl
A1	0-5	0.37	11.50	1.90	0.00	4.60		3.80
A3	5-15	0.13	11.00	0.50	0.00	4.80		3.70

C/N = relación carbono nitrógeno

TABLA. I-29

VALORES DE NITROGENO, HUMEDAD, CARBONATOS Y pH DEL PERFIL SV-7.

Horiz.	Profund. (cm.)	N %	C/N	H %	CaCO ₃ %	H ₂ O	pH	KCl
Ap	0-25	0.17	10.94	2.40	0.00	5.80		5.00
B	25-50	0.10	10.20	2.50	0.00	6.20		5.20
BC	50-75	0.09	10.40	2.80	0.00	6.30		5.40

C/N = relación carbono nitrógeno

TABLA. II-28

DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULA Y COMPOSICION ORGANICA DEL SUELO DEL PERFIL AR-10 (los valores se expresan en porcentajes).

Horiz.	Profund. (cm.)	----- textura -----				M.O.	C
		A.G.	A.F.	L.	A.		
A1	0-5	23.84	19.75	39.60	16.81	6.19	3.59
A3	5-15	30.96	12.69	40.81	15.53	1.14	0.66

A.G.=arena gruesa; A.F.=arena fina; L.=limo; A.=arcilla;
M.O.=materia orgánica

TABLA. II-29

DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULA Y COMPOSICION ORGANICA DEL SUELO DEL PERFIL SV-7. (los valores se expresan en porcentajes).

Horiz.	Profund. (cm.)	----- textura -----				M.O.	C
		A.G.	A.F.	L.	A.		
Ap	0-25	21.06	19.29	30.08	29.56	3.20	1.86
B	25-50	26.04	23.44	24.48	26.04	1.76	1.02
BC	50-75	13.54	24.22	32.55	29.69	1.62	0.94

A.G.=arena gruesa; A.F.=arena fina; L.=limo; A.=arcilla;
M.O.=materia orgánica

TABLA. III-6

CAPACIDAD DE CAMBIO DE LOS PERFILES DE SUELO SOBRE VULCANITAS.
(C.mol(+)/Kg)

Horiz.	Profund. (cm.)	C.C.	Horiz.	Profund. (cm.)	C.C.
Perfil AR-10			Perfil SV-7		
A1	0-5	23.14	Ap	0-25	19.90
A3	5-15	7.36	B	25-50	20.80
			BC	50-75	20.80

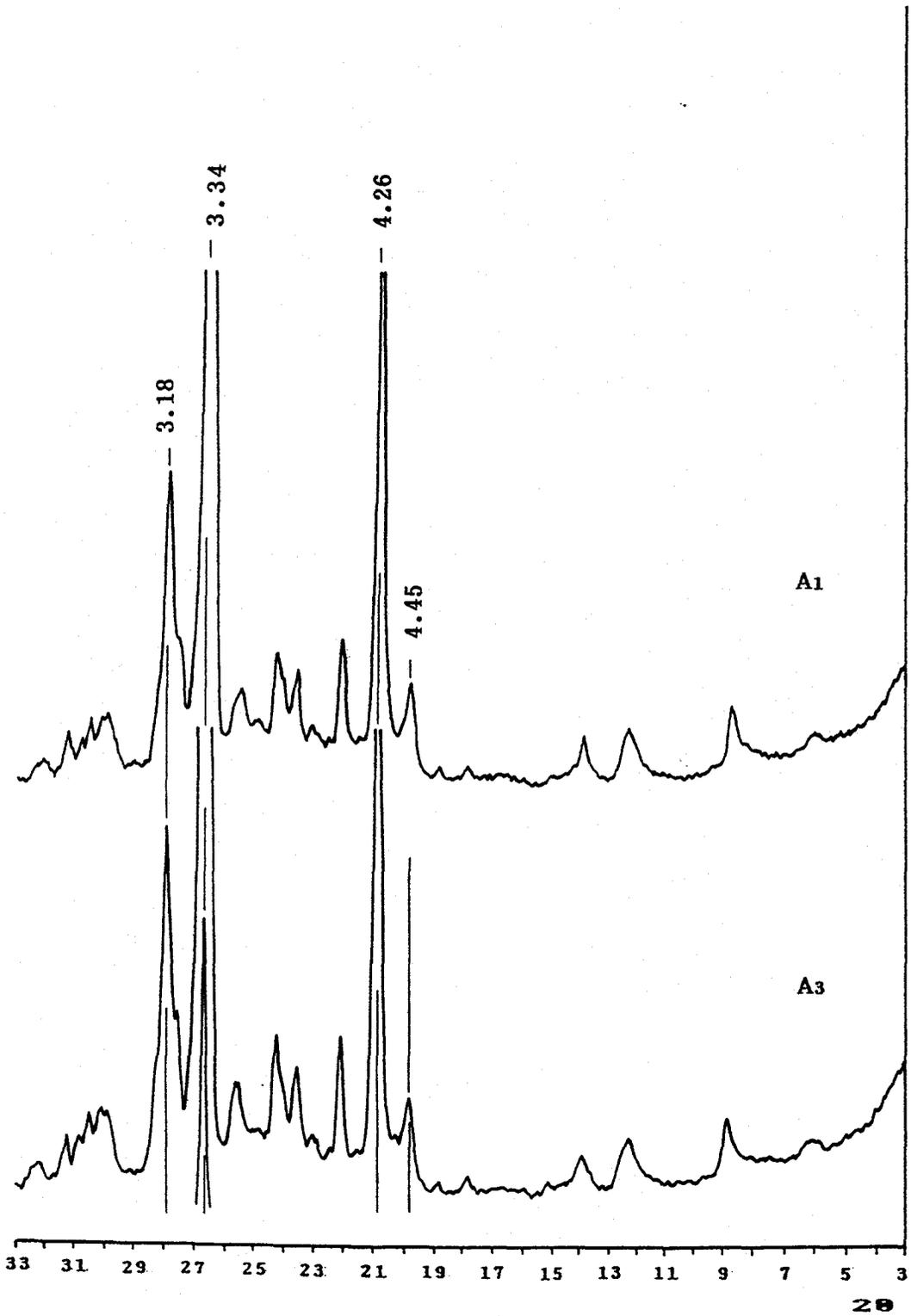


Fig. 73 .- Diagramas de difracción de rayos X de los distintos horizontes del perfil AR-10.

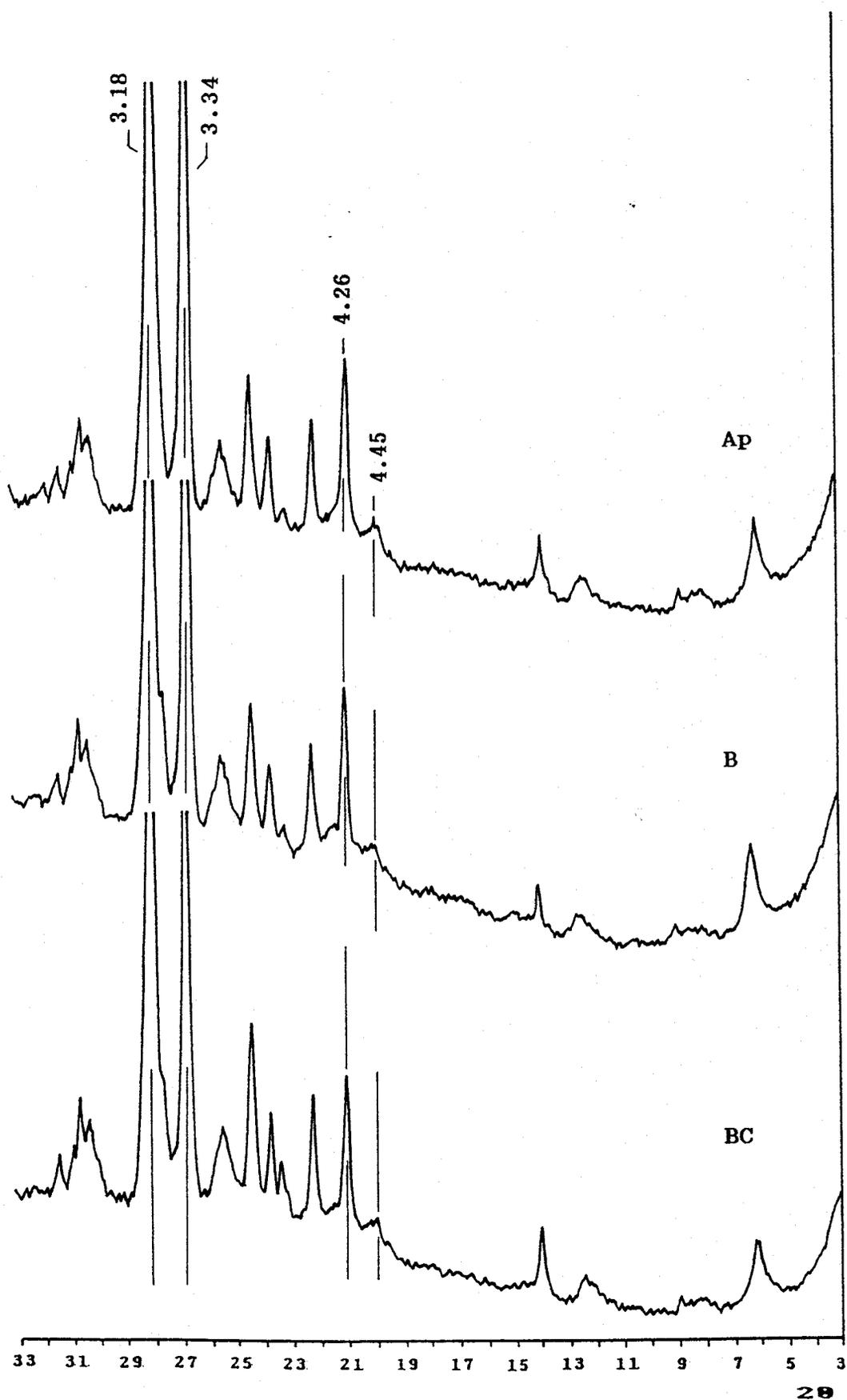


Fig. 74 .- Diagramas de difracción de rayos X de los distintos horizontes del perfil SV-7.

TABLA. IV-6

COMPOSICION MINERALOGICA SEMICUANTITATIVA DE PERFILES SOBRE VULCANITAS %

Perfil	Horiz.	Profun. (cm.)	CUARZO	FELDES.	CALC.	DOLOMI.	FILOS.
AR-10	A1	0-5	28	11	--	--	61
	A3	5-15	19	7	--	--	74
SV-7	Ap	0-25	12	42	--	--	46
	B	25-50	15	34	--	--	51
	BC	50-75	17	55	--	--	28

feldespatos en el perfil SV-7 aumentando con la profundidad hasta un 55% mientras que los filosilicatos varían de forma inversa y con una acumulación en el horizonte B intermedio.

El perfil AR-10 tiene los filosilicatos como constituyentes principales, con valores de 61% y 74% en sus dos horizontes, mientras que el cuarzo no sobrepasa el 28% en ninguno de los dos.

Las correlaciones negativas presentadas por los filosilicatos a nivel medio con la proporción de arcilla y, positiva con %SiO₂ y fracción arena gruesa (tabla VIII-6), es un hecho no usual y que sorprende a primera vista, podría interpretarse como una acumulación de estos minerales en dicha fracción, siendo contrario a lo que normalmente ha ocurrido en los grupos anteriores. Posiblemente, al coindir sus variaciones de contenido se da la correlación, pero puede ser debido a causas independientes en ambos casos, teniendo en cuenta también la cautela con que se deben formar las correlaciones con un corto número de datos, como ocurre en este grupo. A medida que disminuye el número de datos las correlaciones hay que tomarlas progresivamente con carácter más amplio.

Existe también una correlación positiva entre la arcilla y los feldespatos con significación del 99%, que podría deberse a la existencia de estos minerales en dicha

fracción. BESOAIN (1972) y, BESOAIN y GONZALEZ (1977) determinaron la existencia de pequeñas cantidades de feldespatos potásicos en la fracción arcilla, justificándolo de manera que al ser suelos de cenizas volcánicas muy jóvenes reciben aportes de material fresco con cierta periodicidad. También CORTEZ y FRANZMEIER (1972), determinaron la presencia de feldespatos en la fracción arcilla de suelos de ceniza volcánicas de la Cordillera Central de Colombia.

En cuanto al pH, se correlaciona muy significativa y positivamente con %Fe₂O₃ (99,9%), y además con el resto de los elementos mayoritarios a nivel del 95%, siendo negativa con el %SiO₂. Con los elementos minoritarios al más alto nivel de forma positiva, con Zn y a nivel medio con Co, Ni, Sr y Nb, de signo negativo con Y y Rb.

Entre los elementos mayoritarios hay que destacar los bajos contenidos del perfil AR-10 en todos los elementos, excepto en el SiO₂ (78% y 86%) (tabla VI-28), observándose pequeñas variaciones entre los dos horizontes debido a su escaso desarrollo. Por el contrario en el segundo perfil (SV-7) el Al y el Fe son abundantes, aumentando ambos elementos hacia el horizonte más profundo con contenidos entre 10% y 17,5% para el Al₂O₃ y entre 10,4%

y 13,6% el segundo (tabla VI-29). Estos valores y acumulación en el horizonte más profundo pueden deberse al fenómeno de hidromorfismo que presenta este horizonte, dando lugar a precipitación del Fe sobre todo, justificando las concrecciones ferruginosas existentes. Esta variación se hace patente en la figura 76 donde se puede ver claramente el empobrecimiento de estos dos elementos respecto a su horizonte BC.

Destacan también los porcentajes de TiO_2 cercanos al 4% en su horizonte más bajo de este mismo perfil, así como los de Na_2O con valores entre 2,62% y 3,06% y los de K_2O y CaO superiores al 1,2%. Se sabe de la abundancia del TiO_2 en las rocas eruptivas. Según BESOAIN (1985) en algunos Ultisoles chilenos derivados de cenizas volcánicas y en Andosoles de Costa Rica, muestran contenidos entre 2,24% y 3%, comparables a los encontrados en el perfil SV-7. Por otra parte, la correlación positiva de TiO_2 a nivel del 99,9% con arcilla y algo menor con Fe podrían justificar una relación de sustitución.

Los valores de Fe extraídos con CBD en el perfil SV-7 son altos en concordancia con los totales del mismo, algo menores en el caso del Al y Fe extraídos por el método de la oscuridad (tabla V-6), ambos presentan una correlación positiva con la arena fina; en el caso de Fe(o) a nivel de 99% y en el caso de Al(o) del 99,9%. También el

Fe(d) con %CaO y Co positiva y a nivel máximo. Con los elementos Mn, Cr y Mg de forma positiva y significación edia y negativa con el Y (tabla VIII-6). En estos perfiles no se encuentra correlación de estos óxidos con la materia orgánica a pesar de las suficientes evidencia según Wada y Harward, citados por BESOAIN (1985) sobre la movilidad de estos óxidos por complejación con la materia orgánica en suelos de cenizas volcánicas.

En las tablas VII-28 y VII-29 se presentan los contenidos de elementos minoritarios para los dos perfiles sobre vulcanitas. De ellos, casi exclusivamente los elementos Rb y Zr tienen valores superiores en el perfil AR-10 con respecto a SV-7.

En la figura 76, se han representado los índices de variación de este segundo perfil, encontrándose que de los 17 elementos minoritarios sólo 6 tienen una disminución de contenidos (Zn, Pb, Zr, Ga, Sn y Nb), en los dos horizontes superiores respecto al tercero, y siendo el La, el más enriquecido con un valor de 2,32 en el horizonte B.

Los histogramas de contenidos para los elementos Mn, Co, Cr y el La como se pueden observar en la figura 77 son muy similares en cuanto a la variación que presentan entre sus horizontes y no respecto a sus contenidos. En el caso del Mn, en el perfil SV-7, con valores entre 1396ppm y

TABLA. V-6

OXIDOS DE HIERRO Y ALUMINIO LIBRES EXTRAIDOS EN LOS PERFILES DE SUELOS SOBRE VULCANITAS.

Perfil	Horiz.	Profun. (cm.)	Fe(o) %	Al(o) %	Fe(d) %
AR-10	A1	0-5	0.13	0.11	0.57
	A3	5-15	0.08	0.09	0.42
SV-7	Ap	0-25	0.48	0.18	4.90
	B	25-50	0.52	0.17	6.72
	BC	50-75	0.93	0.22	5.03

Fe(o), Al(o)=hierro y aluminio extraído por el método de la oscuridad.

Fe(d)=hierro extraído con citrato-ditionito-bicarbon.

TABLA. VI-28

ELEMENTOS MAYORITARIOS DEL PERFIL AR-10 (%)

	A1	A3
SiO ₂	78.14	86.06
Al ₂ O ₃	4.33	3.02
Fe ₂ O ₃	1.66	1.64
TiO ₂	0.18	0.18
MgO	0.21	0.13
CaO	0.28	0.16
Na ₂ O	1.31	1.74
K ₂ O	2.12	2.83
PPC	10.50	3.44
TOTAL	98.73	99.20

TABLA. VII-28

ELEMENTOS MINORITARIOS DEL PERFIL AR-10 (mg/K)

	A1	A3	V.medio
Mn	237.60	46.80	142.20
Zn	48.80	24.00	36.40
Cu	24.40	11.60	18.00
Ni	10.40	7.20	8.80
Co	7.60	4.80	6.20
Cd	n.d.	n.d.	--
Pb	40.00	8.80	24.40
Cr	10.40	8.00	9.20
Zr	220.00	240.00	230.00
Y	--	--	--
Sr	40.00	32.00	36.00
Rb	77.00	100.00	88.50
Ba	470.00	450.00	460.00
La	13.00	8.00	10.50
Ga	17.00	17.00	17.00
Sn	17.00	12.00	14.50
Nb	74.00	59.00	66.50

n.d. = no detectado

TABLA. VI-29

ELEMENTOS MAYORITARIOS DEL PERFIL SV-7 (%)			
	Ap	B	BC
SiO ₂	62.44	57.48	52.02
Al ₂ O ₃	10.00	13.60	17.57
Fe ₂ O ₃	10.46	12.49	13.61
TiO ₂	3.39	3.02	3.87
MgO	0.99	1.22	1.12
CaO	1.23	1.49	1.29
Na ₂ O	2.62	2.62	3.06
K ₂ O	1.40	1.30	1.20
PPC	7.48	6.12	6.06
TOTAL	100.01	99.34	99.80

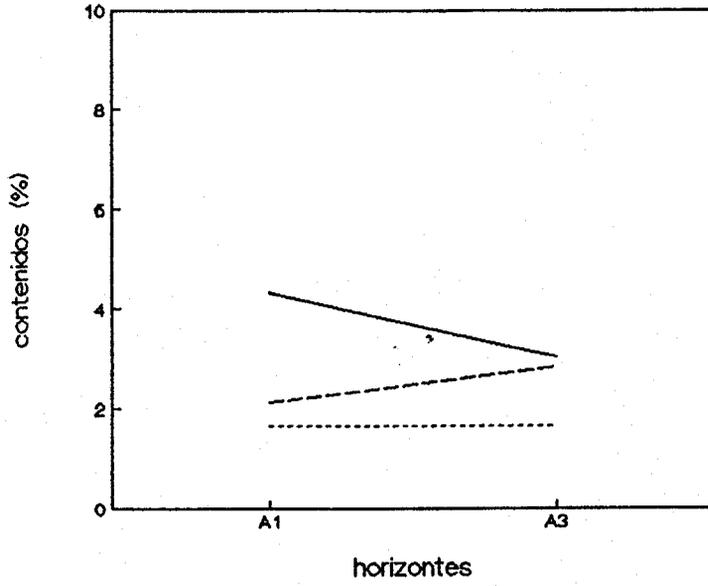
TABLA. VII-29

ELEMENTOS MINORITARIOS DEL PERFIL SV-7 (mg/K)				
	Ap	B	BC	V.medio
Mn	1656.00	1808.00	1396.00	1620.00
Zn	140.00	156.80	186.00	160.93
Cu	16.80	19.60	16.40	17.60
Ni	34.80	30.40	31.60	32.27
Co	41.60	48.40	40.80	43.60
Cd	2.40	tr.	tr.	0.80
Pb	36.00	34.80	42.00	37.60
Cr	67.20	73.20	54.40	64.93
Zr	240.00	230.00	250.00	240.00
Y	33.00	30.00	29.00	30.67
Sr	169.00	154.00	160.00	161.00
Rb	26.00	28.00	21.00	25.00
Ba	460.00	420.00	390.00	423.33
La	30.00	44.00	19.00	31.00
Ga	18.00	18.00	19.00	18.33
Sn	6.00	6.00	18.00	10.00
Nb	93.00	100.00	110.00	101.00

Perfil AR-10

a)

— Al₂O₃ Fe₂O₃ --- K₂O



Perfil SV-7

b)

— Al₂O₃ Fe₂O₃ --- K₂O

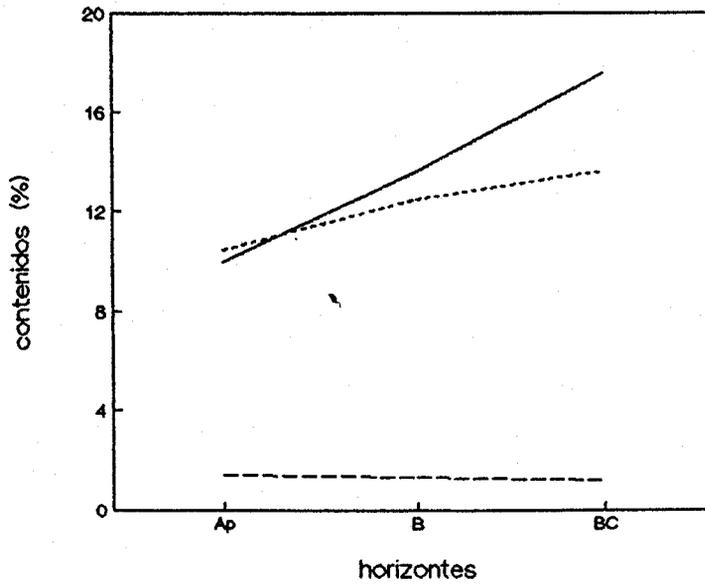


Fig. 75.- Representación de los valores de Fe, Al, K (expresados en óxidos) de los distintos horizontes en los perfiles de suelo sobre vulcanitas.

1808ppm, este último correspondiente al horizonte B.

TAYLOR et al. (1964) y TAYLOR y MCKENZIE (1966) proponen en sus trabajos la capacidad de los óxidos de Fe y de Mn para fijar metales pesados, estos mismos autores determinaron que en la mayoría de los casos, casi todo el Co en el suelo estaba asociado de esta manera debido a reemplazamientos de Mn^{3+} por Co^{3+} que podría hacerse extensiva a Cr, La e incluso Ni. En el perfil AR-10 también se presentan variaciones semejantes con distintos órdenes de contenidos en estos mismos elementos, con disminuciones hacia el segundo horizonte. Correlaciones positivas muy significativas de hecho se presentan en este grupo entre Mn-Co y Mn-Cr (99,9%) y con Ni y Fe(d) a nivel de 99%. El Co también presenta correlación con Cr y Fe(d) positiva y a nivel de 99,9%, el Cr con Fe(d) a nivel algo más bajo (tabla VIII-6).

En la tabla XII se recogen los rangos, valores medios y desviaciones típicas para estos elementos.

Para el caso del Zn su rango es comparable a los encontrados en suelos sobre pizarras y sobre granitos, aunque el valor medio en los suelos de este grupo está por encima de ellos (111,12ppm) destacando los valores correspondientes al perfil SV-7 entre 140ppm y 186ppm, aumentando con la profundidad, estos altos contenidos

Perfil SV-7

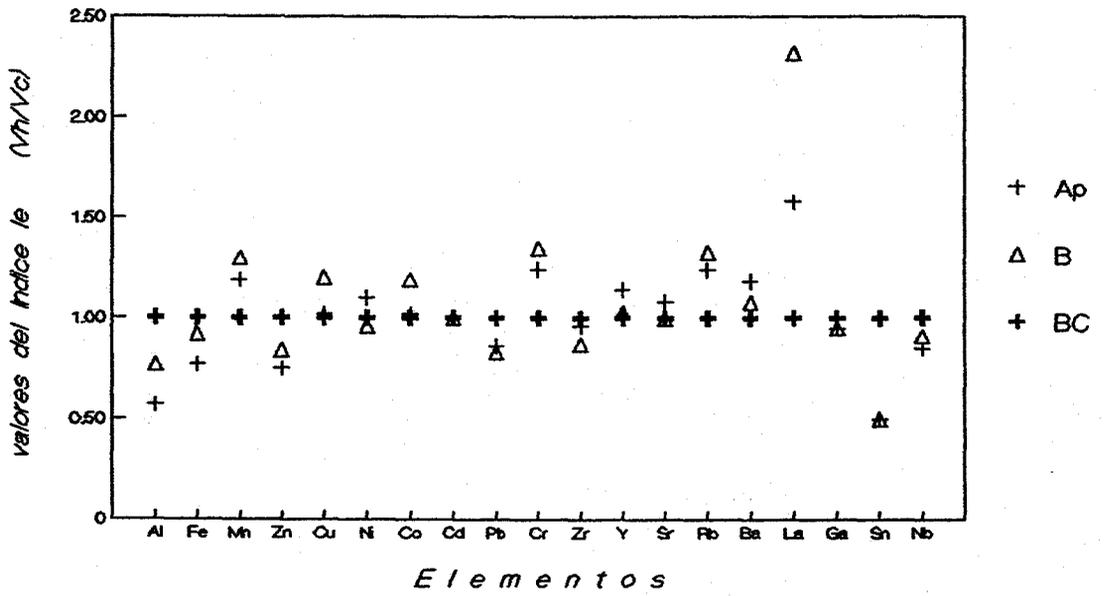


Fig. 76.- Representación de los índices de variación para Fe, Al y elementos minoritarios del perfil SV-7.

podrían justificarse por la movilidad que tiene este elemento a pH bajos, existiendo una alta correlación (99,9%) positiva con este parámetro y de forma negativa al mismo nivel con %SiO₂. Otras correlaciones positivas algo menores con %Al₂O₃, %Fe₂O₃, %TiO₂, %MgO y %CaO y con feldespatos (tabla VIII-6).

Para el Cu, los contenidos son bajos en ambos perfiles, su rango entre 11,6ppm y 24,4ppm y el valor medio de 17,76ppm es algo superior solamente a los encontrados en perfiles arenosos, y comparables a la media en suelos (20ppm) dado por AUBERT y PINTA (1977), siguiendo la misma tónica de variación que los elementos anteriormente comentados (Cr, Co y Mn) y según se puede observar en la figura 77. Las correlaciones con M.O. y C.C. a nivel de 95% son las únicas que presenta este elemento.

En el perfil AR-10, la mayoría de los elementos se encuentran principalmente acumulados en el horizonte superficial, la diferencia en el porcentaje de materia orgánica (6,19% y 1,14%) puede ser uno de los factores fundamentales que lo justifiquen, pero sobre todo aquellos con carácter biogénico Mn, Cu y el Pb presentan una acumulación más acusada. Este último elemento, con 40ppm, para el horizonte A₁, mientras que tiene 8,8ppm en el A₃. No sucede lo mismo en el perfil SV-7 en el que este

elemento presenta valores altos en razón al material original, pero igualados en los tres horizontes e incluso con un cierto incremento en el horizonte más profundo, que podría explicarse por los contenidos en M.O. más igualados (tabla II-29). El rango obtenido para este elemento (Pb) en los dos perfiles de este grupo está entre 8,8ppm y 42ppm, semejante al encontrado en suelos sobre pizarras.

Para el Sr se encuentran contenidos muy bajos en el perfil AR-10 (36ppm de valor medio), por el contrario en el SV-7 su valor medio es de 161ppm con una variación poco acusada en ambos perfiles. El factor pH incide muy directamente en esta diferencia y su correlación positiva a nivel de 99% así lo confirma (tabla VIII-6). Otras correlaciones al mismo nivel presenta con la proporción de arcilla, Fe, Ti, Mg y Ca, siendo negativa y del mismo orden con el elemento Rb.

El Ba igual que en el resto de los suelos estudiados tiene contenidos mayores que el Sr, en estos perfiles. El carácter ácido de estos suelos se corresponde con los contenidos de este elemento, entre 390ppm y 470ppm con un valor medio de 438ppm y con una pequeña disminución hacia los horizontes más bajos en ambos perfiles. De este elemento no se observan correlaciones destacables con ningún parámetro, ni siquiera con el Sr como ha sido característico en los demás suelos.

El Rb es uno de los dos elementos que tienen una acumulación en el horizonte más profundo del perfil AR-10 como se puede ver en la figura 78 y además con contenidos mayores que en el perfil SV-7. Esta situación, es acorde con los contenidos de potasio, más abundante en el perfil AR-10, siendo conocida la relación que liga al elemento Rb con él y puesta de manifiesto en el análisis de grupos anteriores, que se puede justificar también por la correlación a nivel de 99% de significación con $\%K_2O$, acumulándose posiblemente en fracciones gruesas del suelo dada su relación positiva y al mismo nivel anterior con $\%SiO_2$ y negativa con la arcilla y filosilicatos (tabla VIII-6).

El contenido medio para el Rb (50,4ppm) es del mismo orden que el obtenido como media de todos los suelos estudiados (64,23ppm), con un rango entre 21ppm y 100ppm, para estos dos perfiles.

El Zr tiene un valor medio alto (236ppm) comparado con los demás grupos, sus contenidos son muy parecidos en ambos perfiles (AR-10 y SV-7), tendiendo a una acumulación aunque poco acusada en los horizontes inferiores de ambos perfiles.

Para el Nb se encuentran valores algo más altos

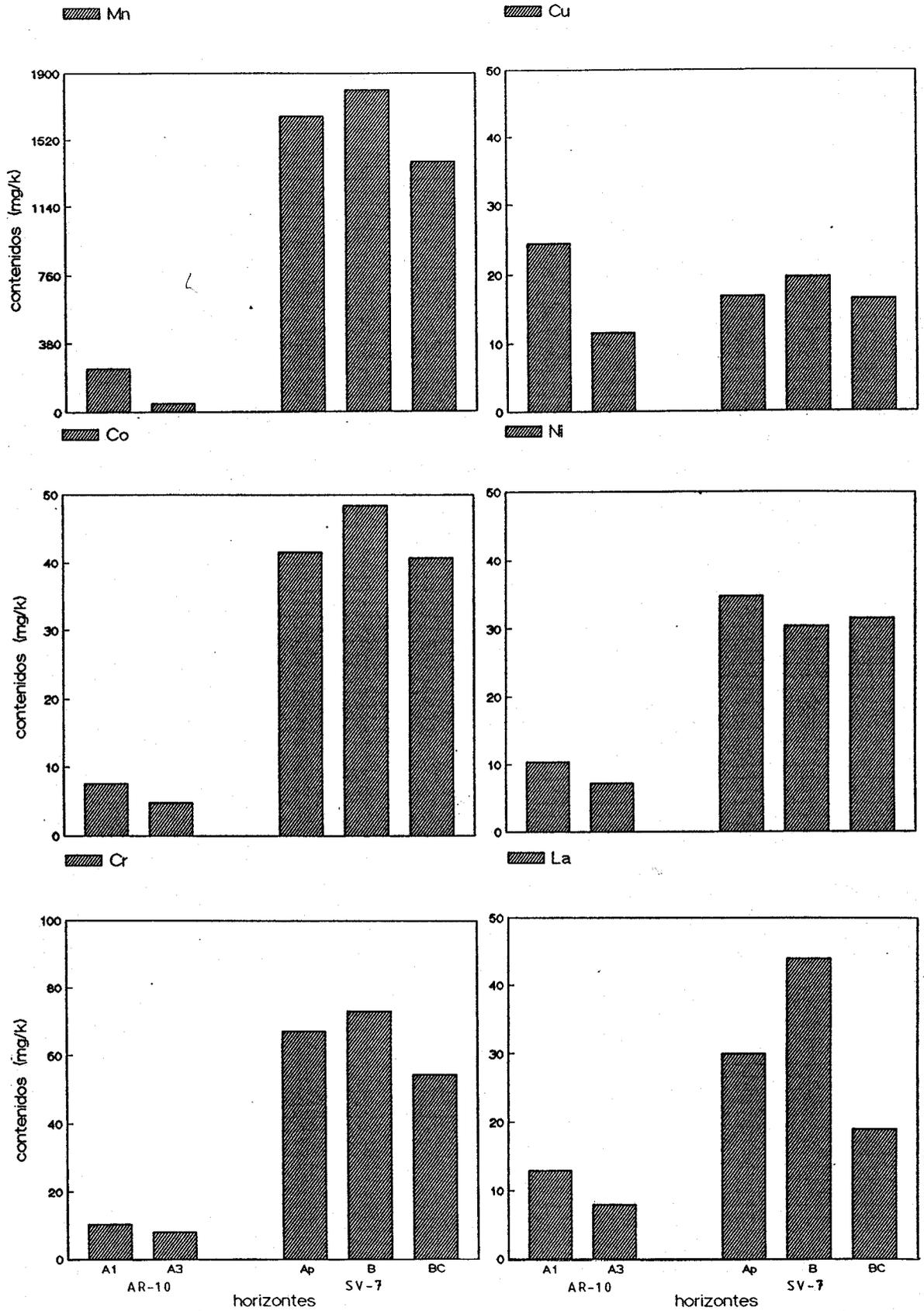


Fig. 77.- Histogramas de contenidos de los elementos Mn, Cu, Co, Ni, Cr y La en los perfiles de suelos sobre vulcanitas.

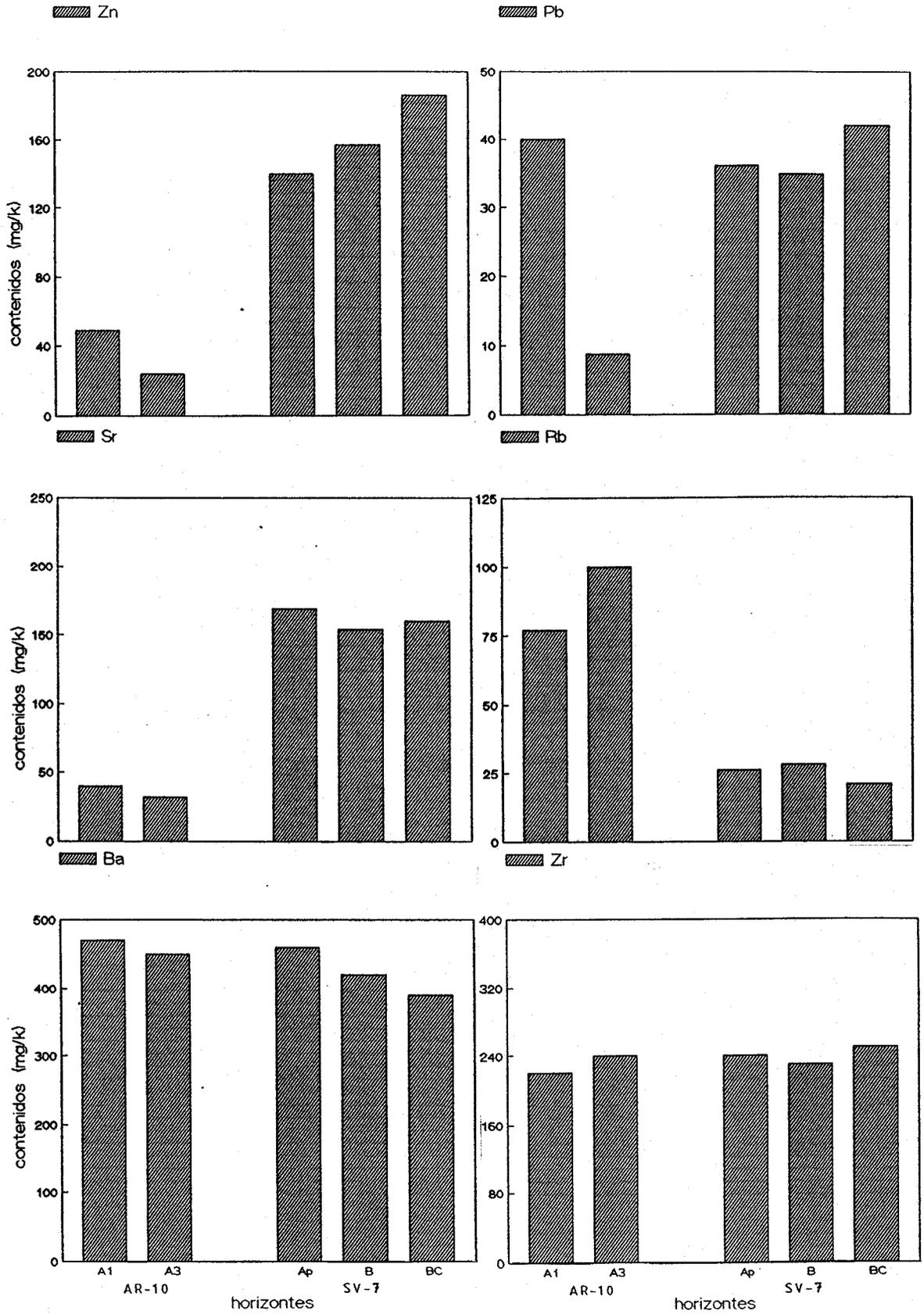


Fig. 78.- Histogramas de contenidos de los elementos Zn, Pb, Sr, Rb, Ba y Zr en los perfiles de suelos sobre vulcanitas.

que en el resto de los grupos, su valor medio es de 87,21ppm y con un rango entre 59ppm y 110ppm, con una tendencia de aumento hacia el horizonte más profundo del perfil SV-7 y con una variación contraria en el AR-10. Este elemento junto al Ga son poco variables en contenidos de sus distintos horizontes, así se puede ver en los rangos establecidos para cada uno de los grupos de la tabla XII.

En la figura 79 también se puede observar una cierta acumulación del Sn en el horizonte más bajos del perfil SV-7 y una disminución para el perfil AR-10, este comportamiento podría ser causado por las mismas variaciones presentadas en la fracción A.F., una disminución en el perfil AR-10 con aumento en el otro.

No se encuentran correlaciones de una cierta significación para el Sn, mientras que para el Nb tiene una correlación negativa y con una significación del 99,9% con %SiO₂ y del mismo signo a nivel algo más bajo con %K₂O, siendo positiva la que presenta este elemento con el pH y Al(o) (tabla VIII-6). Asimismo, el Ga con Fe(o), Al(o) y feldespatos con signo positivo y con significación alta, que podrían justificar las adsorciones de este elemento por los óxidos de hierro y aluminio extraídos por el método de la oscuridad, además de intervenir en los feldespatos como constituyentes isomórficos.

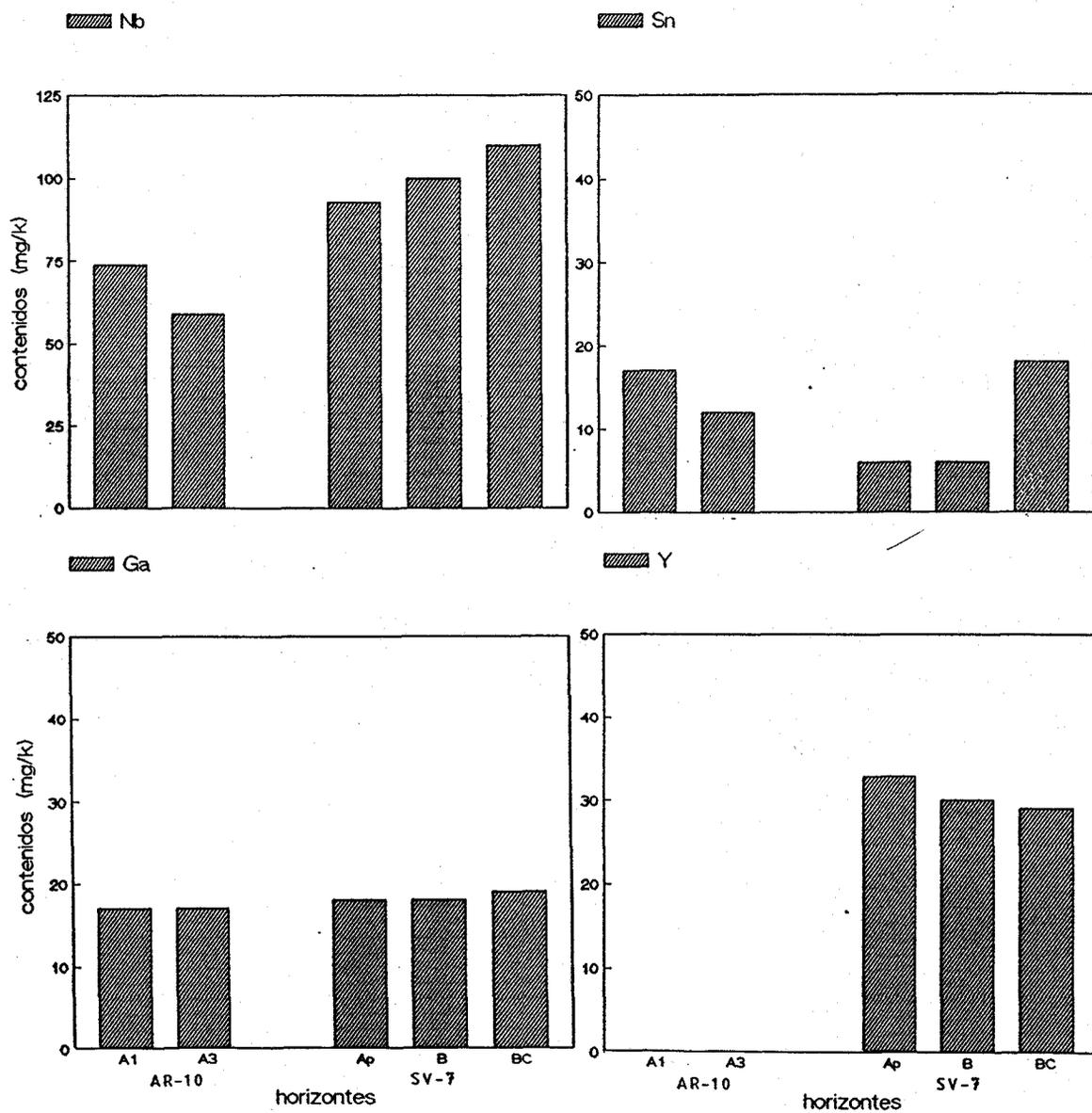


Fig. 79.- Histogramas de contenidos de los elementos Nb, Sn, Ga e Y en los perfiles de suelos sobre vulcanitas.

para el elemento Y sólo se han podido obtener sus valores en el perfil SV-7, que al igual que en otros suelos, la necesidad de variar las condiciones para su detección y evitar interferencias, distorsionan los valores por lo que dejan de ser aceptables. Los contenidos de este elemento varían entre 29ppm y 33ppm.

El Cd ha sido detectado en el horizonte superior del perfil SV-7 con un valor de 2,4ppm y a nivel de traza en los otros dos horizontes del mismo perfil, como se observa en la tabla VII-29. De este elemento y del anterior (Y) dado el corto número de valores no es posible establecer correlaciones que puedan ser mínimamente significativas.

VIII-6 cont.

TABLA. VIII-6 (cont.)- MATRIZ DE CORRELACIONES DE LOS PARAMETROS ANALIZADOS EN PERFILES DE SUELOS SOBRE VULCANITAS.

																	Valores de r para 5 casos	NIVELES DE SIGNIFICACION	
A.F.	-0.733																0,805-0,878	0,05 < P < 0,1 (90%)	
L.	0.294	-0.705															0,878-0,959	0,01 < P < 0,05 (95%)	
A.	-0.741	0.719	-0.794														0,959-0,991	0,05 < P < 0,01 (99%)	
M.O.	-0.059	0.065	0.317	-0.300													0,991-1,000	P < 0,001 (99,9%)	
CO ₃ ⁻	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000														
pH(a)	-0.605	0.755	-0.869	0.923	-0.528	0.000	0.987												
pH(s)	-0.689	0.809	-0.866	0.963	-0.396	0.000	0.377	0.498											
C.C.	-0.630	0.842	-0.473	0.498	0.574	0.000	0.377	0.498	0.117										
Q	0.181	-0.180	0.710	-0.749	0.686	0.000	-0.752	-0.711	0.117	0.489	-0.649								
F	-0.846	0.758	-0.692	0.972	-0.328	0.000	0.919	0.955	0.489	-0.649	0.000								
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000							
D	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
filo.	0.944	-0.840	0.575	-0.895	0.149	0.000	-0.831	-0.888	-0.624	0.421	-0.963	0.000	0.000						
Fe(o)	-0.855	0.798	-0.626	0.889	-0.389	0.000	0.911	0.927	0.455	-0.530	0.967	0.000	0.000	-0.965					
Fe(d)	-0.466	0.761	-0.973	0.892	-0.400	0.000	0.958	0.956	0.467	-0.750	0.831	0.000	0.000	-0.725	0.783				
Al(o)	-0.854	0.816	-0.714	0.963	-0.291	0.000	0.926	0.964	0.548	-0.600	0.995	0.000	0.000	-0.975	0.975	0.846			
	A.G.	A.F.	L.	A.	M.O.	CO ₃ ⁻	pH(a)	pH(s)	C.C.	Q	F	Ca	D	filo.	Fe(o)	Fe(d)			

**III.2. DISCUSION DEL ESTUDIO ESTADISTICO DE
LOS DISTINTOS GRUPOS.**

III.2.1. ESTUDIO ESTADISTICO DE LOS PARAMETROS ANALIZADOS EN PERFILES DE SUELOS SOBRE ARENISCAS

Tomando como base los datos recogidos en los 4 perfiles que se estudian en este grupo, CE-15 (Haploxeralf cálcico), CE-16 (Xerochrepts calcixerólico), CE-17 (Haploxeralf), CE-19 (Frafixeralf), se ha confeccionado una matriz con 45 columnas, correspondientes a cada uno de los parámetros analizados, y 20 filas derivadas de los casos existentes (horizontes o muestras).

En el estudio de este grupo se incluyen datos correspondientes a la proporción de los minerales de la arcilla (esmectita, ilita y caolinita).

A partir de la matriz de datos formada se ha obtenido la matriz de correlación (45x45), calculando los coeficientes "r de Pearson" y escogiendo las correlaciones más significativas a nivel de 90%, 95%, 99% y 99,9%, expresadas con sus rangos correspondientes, así como el signo de la pendiente de la recta de regresión que dará el sentido de la relación entre los pares de variables correlacionadas (tabla VIII-1, expuesta en el apartado III.1.1).

Uno de los objetivos fundamentales en el desarrollo de análisis de espacios multivariantes es la simplificación de las dimensiones del sistema, sustituyendo

el sistema inicial por uno nuevo, en el que sus ejes de referencia (factores) son combinaciones lineales de variables. A este nuevo sistema se le impone la condición de maximizar la varianza que explica. Obteniendo así una representación simplificada del problema que facilita su análisis e interpretación.

Para llegar a lo anteriormente expuesto, se realizó un tratamiento informático utilizando el paquete estadístico BMDP y concretamente la subrutina correspondiente al análisis factorial.

Se obtuvieron los valores propios y los porcentajes de varianza que explican cada factor (agrupación de variables), así como los porcentajes acumulados de esta varianza. En la tabla IX-1 se presentan los 15 primeros valores.

Según la tabla anterior, se puede deducir que no existe una gran dispersión de la varianza, al menos, para los dos primeros factores. Esto supone una mayor incidencia de las variables acogidas en el primer factor, explicando el 37,43% de la varianza total del sistema, casi tanto como los tres siguientes.

De los diferentes criterios para la elección del número óptimo de componentes principales existentes en la

TABLA IX-1.-VALORES PROPIOS Y PORCENTAJES DE VARIANZA EXPLICADA.

FACTOR n.	VALOR PROPIO	% VARIAN	% VARIAN. ACUMULADA
1	20.210	37.43	37.43
2	10.875	20.14	57.57
3	6.004	11.11	68.68
4	5.588	10.35	79.03
5	2.399	4.44	83.47
6	2.079	3.85	87.32
7	1.617	3.00	90.32
8	1.110	2.05	92.37
9	0.982	1.82	94.19
10	0.822	1.52	95.71
11	0.591	1.10	96.81
12	0.449	0.83	97.64
13	0.358	0.66	98.30
14	0.267	0.50	98.80
15	0.238	0.44	99.24

bibliografía, DIDAY et al. (1982) señalan el número de ellas que explican, aproximadamente, el 80% de la varianza total, otros autores toman aquellos cuyos valores propios son superiores a la unidad. Ambos criterios como más significativos suelen coincidir muchas veces.

El programa estadístico que se utiliza sigue el segundo criterio, obteniéndose en este grupo de perfiles una distribución de las variables en 8 componentes principales, explicándose con ello el 92,37% de la varianza total.

Para maximizar la varianza explicada por cada factor y obtener una mejor agrupación de las variables, las 8 componentes principales se sometieron a una rotación ortogonal siguiendo el criterio Varimax, que ajusta los coeficientes factoriales a 0, +1 y -1. Las cargas factoriales ajustadas se recogen en la tabla X-1 cuyos valores oscilan prácticamente entre 1 y -1, representando el valor relativo de la contribución de cada variable en los factores.

En la misma tabla anterior se presentan también los nuevos porcentajes de varianza explicada por cada factor, teniendo en cuenta que las descritas por el primero y segundo son ahora 27,56% y 16,14% frente a los iniciales sin rotar 37,43% y 20,14%, en cambio, a partir del tercer

factor aumenta, 15,76% frente a 11,11% antes de rotar. Parece claro que se habrán distribuido mejor las variables aumentando la contribución en aquellos factores más desfavorecidos antes de la rotación.

Para alcanzar una interpretación más clara aún de los resultados, se simplificó el número de factores, descartando los tres últimos, ya que sólo en el factor 6 aparece una cierta contribución de la variable fracción limo, con una pequeña aportación a la varianza total. Así, de los 8 factores obtenidos solamente se presentan 5 en la tabla X-1.

La asignación de los distintos parámetros a cada uno de los factores se ha hecho en base a la mayor carga, adoptándose también el criterio de considerar solamente las cargas superiores a 0,65 (en valor absoluto). Con ello se pretende una mayor simplificación de los factores, separando aquellas variables con una baja incidencia.

Según esto, el primer factor contiene a las variables %SiO₂ y caolinita con signo negativo y %CaCO₃, %calcita (Ca), esmectita, pH, %Na₂O, %CaO, Sr, %MgO y Nb con signo positivo. Este factor está ligado por lo tanto al carácter calcáreo, observándose una influencia contraria a los parámetros sílice y caolinita, como era de esperar.

Las muestras con carácter calizo son las de menor proporción en estos dos parámetros, siendo el Nb y Sr elementos cercanos a ese carácter básico. Este hecho queda reflejado en la tabla X-1, donde los dos elementos anteriores son los únicos minoritarios con una incidencia importante en el factor 1 y con signo positivo.

El factor 2, reúne las variables: %A.G., %A.F., %K₂O, Sn, Rb, Ba y Zn. Este factor se podría interpretar como un factor de textura arenosa con una contribución importante del Rb y K ligados a estas fracciones. Las variables ilita y feldespatos podrían estar incluidas en este factor, pero no han sido consideradas dado que su carga es algo menor de 0,65.

El factor 3 incluye, Ni, Co, Cr, %Al₂O₃, %Fe₂O₃, %A., Fe(o) y Al(o). Se puede asignar este factor al carácter arcilloso de los perfiles, reforzado con la presencia de aquellas variables que tienen una relación con esta fracción.

El factor 4 es exclusivo de materia orgánica, observándose una apreciable contribución de esta variable con diferencia a las demás. Se detecta que en este factor podría incluirse el Mn, Pb y Cu, estando sus puntuaciones más altas en este factor y cercanas al límite propuesto de 0,65, ello indica de alguna manera una importante relación

TABLA. X-1 .-CARGAS FACTORIALES DE LAS COMPONENTES ROTADAS Y % DE VARIANZA EXPLICADA.

VARIAB.	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5
Mn	0,498	0,372	0,279	0,522	0,303
Zn	0,278	0,687	0,384	0,034	0,192
Cu	0,229	0,249	0,061	0,630	-0,103
Ni	0,468	0,243	0,670	0,121	0,440
Co	0,002	0,287	0,900	0,044	0,065
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pb	0,530	0,430	0,263	0,525	0,168
Cr	0,166	0,199	0,815	0,341	0,314
Zr	0,259	0,183	-0,022	0,517	0,720
Y	0,172	0,384	0,301	0,211	0,743
Sr	0,878	0,377	-0,039	0,105	0,216
Rb	-0,274	0,862	0,163	0,031	0,237
Ba	-0,302	0,780	0,147	0,132	0,254
La	-0,071	0,312	0,173	-0,110	0,818
Ga	-0,207	-0,169	0,618	-0,345	-0,299
Sn	-0,521	-0,740	0,263	-0,086	-0,163
Nb	0,758	0,146	-0,084	0,250	-0,086
SiO2	-0,961	0,054	-0,147	0,112	0,111
Al2O3	-0,154	0,137	0,919	-0,122	0,036
Fe2O3	-0,318	-0,212	0,749	0,090	0,095
TiO2	-0,199	-0,523	0,345	0,513	0,256
MgO	0,798	0,390	0,207	0,139	0,333
CaO	0,956	-0,078	-0,163	-0,129	-0,147
Na2O	0,756	0,412	0,026	0,143	0,436
K2O	0,138	0,934	0,147	0,029	0,094
A.G.	-0,494	-0,746	-0,244	0,065	-0,167
A.F.	0,408	0,670	-0,287	0,036	0,333
L.	0,341	-0,281	-0,041	0,037	-0,159
A.	-0,154	0,196	0,740	-0,156	-0,150
M.O.	-0,093	-0,164	-0,032	0,900	0,028
CaCO3	0,946	-0,085	-0,195	-0,166	-0,129
pH(a)	0,763	0,323	0,002	0,322	0,356
pH(s)	0,783	0,289	-0,031	0,344	0,346
C.C.	0,542	0,146	-0,173	0,233	0,042
Q	-0,620	0,093	-0,431	0,132	-0,170
F	-0,013	0,628	0,077	0,055	0,207
Ca	0,908	-0,098	-0,189	-0,190	0,002
D	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,000
filo.	-0,364	-0,063	0,541	0,064	0,114
Fe(o)	-0,247	-0,050	0,702	0,633	-0,031
Fe(d)	-0,496	-0,324	0,626	-0,019	-0,043
Al(o)	0,152	0,276	0,678	0,479	0,123
esmec.	0,777	0,058	-0,136	-0,139	0,536
ilita	0,462	0,548	0,200	0,506	0,021
caolin.	-0,821	-0,325	-0,001	-0,156	-0,413
% Varian.	27.56	16.14	15.76	12.55	8.82
% Varian. acumulada	27.56	43.70	59.46	72.01	80.83

con la M.O.

El factor 5 contempla solamente los elementos Zr, Y y La, indicando una cierta independencia de los demás factores. Estos 5 factores explican el 80,83% de la varianza total, estando dentro de los criterios aceptados por los autores anteriormente citados. La esmectita y la illita con puntuaciones próximas al límite, aunque sin alcanzarlo en los factores 2 y 5 respectivamente, indican con ello no obstante, una posible relación con los elementos que inciden altamente en ambos factores, tales como K, Ba, Rb y Zn con la illita y Zr, Y y La con la esmectita.

En las figuras 80 a y b, se representan las cargas del factor 1 (eje X) frente a los factores 2 y 3 (eje Y) respectivamente. En ellas se puede observar más claramente la asociación y la dependencia de las variables estudiadas. En la primera de las figuras citadas, se aprecian las agrupaciones Rb, Ba, K₂O, Zn, A.F. y feldespatos por una parte y Sn, A.G. por otra, además de una asociación de variables vinculadas en cierta forma con los carbonatos: Na₂O, Sr, pH, MgO, Nb, CaO, calcita, CaCO₃ y esmectita. Asimismo se observa también una correspondencia entre SiO₂ y caolinita.

Como pauta de interpretación general de estos

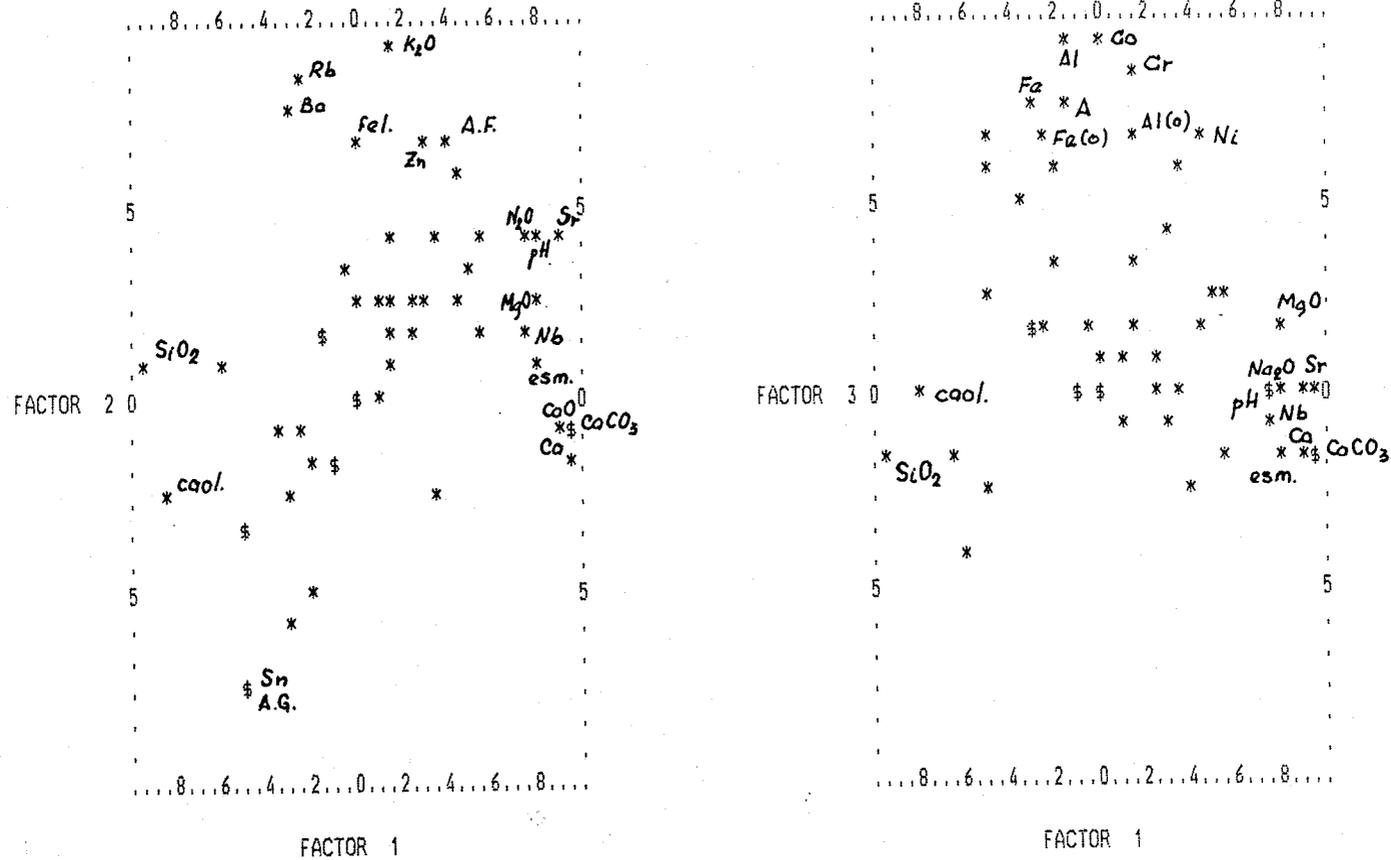


Fig. 80.- Diagramas de dispersión de las variables: a) del factor 1 (eje X) frente al 2 (eje Y); b) del factor 1 (eje X) frente al 3 (eje Y) (grupo de perfiles sobre areniscas).

diagramas, se puede decir que un acercamiento del punto representado al origen de coordenadas implica una contribución baja, el acercamiento a uno de los ejes da idea de una contribución pequeña de la variable tratada en el factor correspondiente y, por último, un punto situado en una zona +- del sistema de ejes, indica una relación inversa entre los factores para esa variable.

En la tabla XI-1, se incluyen las puntuaciones en cada factor para cada caso (muestra), teniéndose en cuenta, como es lógico, las variables que afectan a cada uno de los factores.

En el factor 1 de dicha tabla (factor calcáreo), se puede ver las puntuaciones negativas de las muestras correspondientes a suelos sobre Areniscas silíceas, así como las puntuaciones muy altas y positivas en este mismo factor de las muestras 5 y 9 que corresponden a horizontes C_k de los perfiles CE-14 y CE-15.

Más claramente se puede detectar la incidencia de los factores sobre las muestras en las figuras 81 y 82, donde se representan las puntuaciones de un factor frente a otro dando lugar a las agrupaciones de muestras en función de características comunes, restringidas a los parámetros que están más implicados, en este caso, en los procesos edáficos.

TABLA. XI-1.- PUNTUACIONES DE LOS FACTORES EN LAS MUESTRAS DE SUELO SOBRE ARENISCAS.

MUESTRAS	n.	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5
CE-15 Ap	1	0,808	0,794	0,393	2,431	-0,783
AB	2	0,441	0,817	0,888	1,184	0,465
Bt	3	0,208	1,265	1,593	0,003	-0,023
Bck	4	0,957	0,579	0,554	-0,522	0,105
Ck	5	2,366	-0,534	-0,654	-0,721	-1,119
CE-16 Ap	6	-0,095	0,531	-0,981	1,259	1,839
B	7	0,065	0,181	0,468	-0,410	2,631
BC	8	1,032	-0,440	-0,449	-0,589	1,563
Ck	9	2,139	-0,511	-0,844	-0,545	-0,631
CE-17 Ap	10	-0,812	0,597	-1,442	0,505	-0,910
Bt1	11	-0,642	0,463	0,896	-0,132	-0,965
Bt2	12	-0,563	0,553	0,276	-0,455	-0,886
Bt3	13	-0,860	0,938	-0,327	-0,724	-0,341
BC	14	-0,843	0,913	-0,466	-0,936	-0,540
C	15	-0,900	0,997	-0,926	-1,159	-0,113
CE-19 A1	16	-0,765	-1,064	-0,815	1,848	-0,236
A2	17	-0,763	-2,055	-0,890	0,671	-0,133
Bt	18	-0,395	-1,755	2,653	-0,032	-0,471
Cx	19	-0,779	-0,892	0,195	-0,886	0,693
C	20	-0,600	-1,377	-0,121	-0,788	-0,143

En la primera de estas (figura 81), según lo anteriormente dicho, se puede considerar una relación de carácter calcáreo (eje X, factor I) con el arenoso (eje Y, factor II) y en la que se observa una mayor dispersión para las muestras de areniscas calizas frente a las silíceas, interpretándose como una variación más o menos amplia de textura arenosa fina a gruesa ligada a un carácter calcáreo de menor a mayor. Así pues se observa que las muestras 5 y 9, correspondientes a los horizontes C_k de los perfiles CE-15 y CE-16, respectivamente, se pueden corresponder con las de textura más gruesa de estos. Por otra parte se detecta, en la misma figura, agrupaciones de las muestras correspondientes a los perfiles CE-17 y CE-19, variando la textura de más fina a más gruesa del primero al segundo.

De la representación de las puntuaciones del factor I (eje X) frente al factor III (eje Y), en la figura 82, se deduce que no existe una clara vinculación del carácter arcilloso al calizo, aunque se puede suponer una cierta tendencia de las muestras más calizas hacia un carácter menos arcilloso.

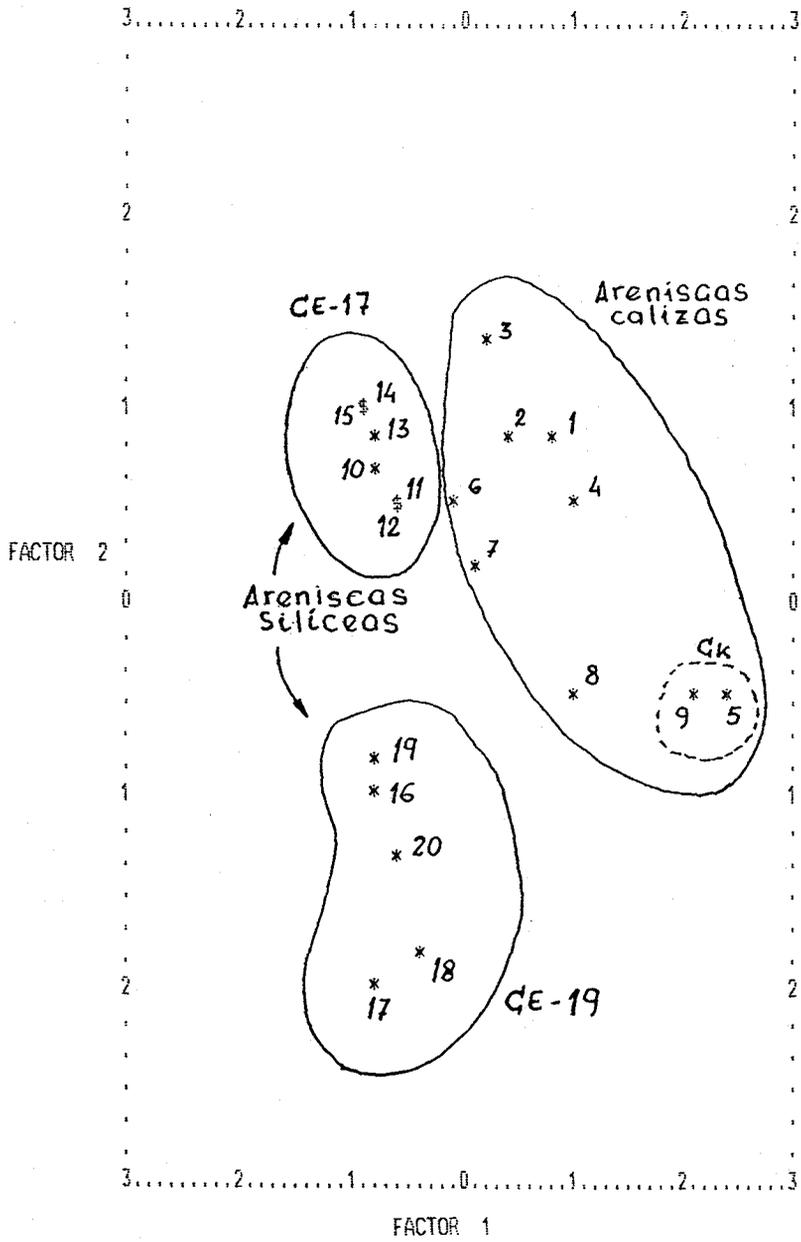


Fig. 81.- Representación de las puntuaciones del factor 1 (eje X) respecto al 2 (eje Y) en las muestras de suelos sobre areniscas.

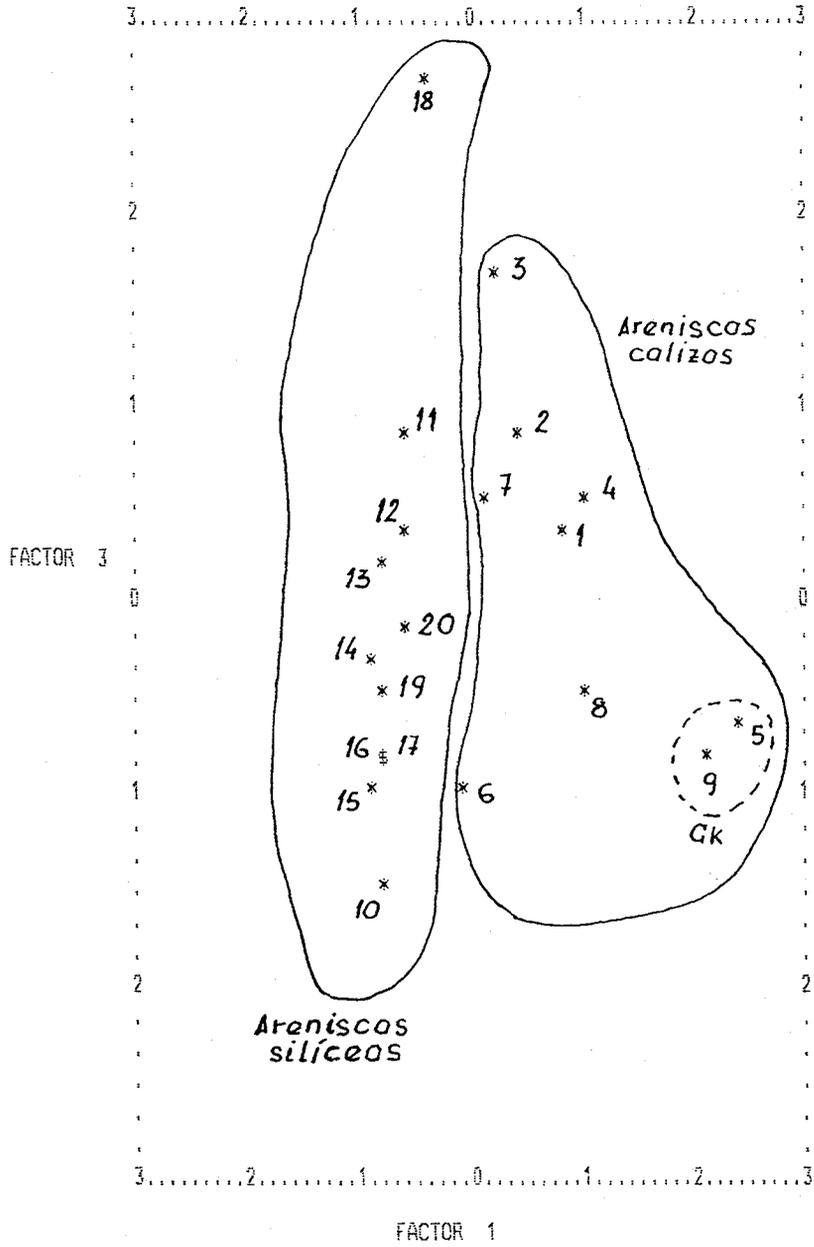


Fig. 82.- Representación de las puntuaciones del factor 1 (eje X) respecto al 3 (eje Y) en las muestras de suelos sobre areniscas.

III.2.2. ESTUDIO ESTADISTICO DE LOS PARAMETROS ANALIZADOS EN PERFILES DE SUELOS ARENOSOS Y SEDIMENTOS ARCILLO ARENOSOS.

A partir de los datos iniciales recogidos en los 10 perfiles estudiados en este grupo, 4 clasificados como arenas: CA-13 (Haploxeralf ácuico), CA-25 (Haploxeralf ácuico abruptico), CA-28 (Quartzipsamment) y CA-29 (Haploxeralf ácuico abruptico) y 6 como sedimentos: CS-14 (Xerofluent mólico), CS-22 (Xeropsamment litoplíntico), CS-23 (Haploxeralf típico), CS-24 (Xeropsamment ácuico), AS-8 (Palexeralf) y AS-9 (Haploxeralf ácuico), se ha confeccionado una matriz de datos de 42 columnas, correspondientes a cada uno de los parámetros analizados y de 47 filas, pertenecientes a cada uno de los casos (horizontes o muestras).

Entre los parámetros utilizados en este estudio, no se incluyen los correspondientes a los minerales de la arcilla, ya que no se ha dispuesto de la totalidad de ellos y el programa informático utilizado no acepta huecos de datos en la matriz.

A partir de la matriz de datos formada se ha obtenido la matriz de correlación (42x42), calculando los coeficientes "r de Pearson" y escogiendo como más significativas las de 90%, 95%, 99% y 99,9%, expresadas con sus rangos correspondientes, así como el signo de la

pendiente de la recta de regresión (tabla VIII-2, expuesta en el apartado III.1.2.).

Para maximizar la varianza del sistema de variables impuestas y a la vez obtener una simplificación del problema que se trata de analizar, se agruparon las variables en un número limitado de factores. Para lograr lo anteriormente expuesto, se realizó un tratamiento informático siguiendo las mismas pautas del grupo anterior ya comentado.

Se obtuvieron los valores propios y los porcentajes de varianza que explican cada factor, aún sin maximizar, así como los porcentajes de varianza acumulada. En la tabla IX-2 se presentan los 15 primeros valores.

Según la tabla anterior, se deduce una acumulación importante de la varianza explicada por el primer factor (34,32%). Ello supone que las variables implicadas en este factor, con alguna variación al maximizarlos, tendrán un peso importante en la explicación global de la evolución del sistema. Así, los dos primeros factores agrupan el 50,26% de varianza.

El criterio seguido para la elección del número óptimo de componentes principales (factores) ha sido el mismo que se ha utilizado en el grupo anterior, en

TABLA IX-2.-VALORES PROPIOS Y PORCENTAJES
DE VARIANZA EXPLICADA.

FACTOR n.	VALOR PROPIO	% VARIAN	% VARIAN. ACUMULADA
1	16.132	34.32	34.32
2	7.489	15.94	50.26
3	4.109	8.74	59.00
4	3.287	7.00	65.99
5	2.544	5.42	71.41
6	1.847	3.93	75.34
7	1.529	3.25	78.59
8	1.367	2.91	81.50
9	1.108	2.36	83.86
10	1.060	2.25	86.11
11	0.955	2.03	88.14
12	0.806	1.72	89.86
13	0.673	1.43	91.29
14	0.560	1.19	92.48
15	0.535	1.14	93.62

principio, aquellos cuyos valores propios son superiores a la unidad, puesto que explican más del sistema que lo que explicaría una sola variable. De esta manera se ha obtenido una distribución de los 42 parámetros utilizados en 10 factores, alcanzando con ellos una explicación del 86% de la varianza total.

Para maximizar la varianza explicada por cada factor y así obtener una mejor agrupación de las variables, se sometieron los 10 componentes principales a una rotación ortogonal siguiendo el criterio Varimax y ajustando los coeficientes. Estas puntuaciones ajustadas (denominadas cargas factoriales) se presentan en la tabla X-2. Dichas puntuaciones, configuran el valor relativo de la contribución de cada variable en cada uno de los factores y de ellas entre sí.

En la misma tabla anterior se presentan también los nuevos porcentajes de varianza explicada por cada factor, después de la rotación, teniendo en cuenta que las descritas por los tres primeros factores han disminuido algo, siendo ahora de 29,72%, 13,51% y 9,35% respectivamente, mientras que en el resto han aumentado, lo que significa una redistribución de las cargas factoriales de las variables.

Para obtener una interpretación más clara de los

resultados se simplificó el número de factores, descartando los tres últimos, puestos que solamente en el factor 10 aparece una cierta contribución de la variable Sn de forma aislada y con una pequeña aportación a la varianza total. Así, de los 10 factores obtenidos solamente se presentan 7 en la tabla X-2.

La asignación de los distintos parámetros a cada uno de los factores se ha hecho en base a la mayor carga, adoptándose el mismo criterio que en el grupo anterior, considerando solamente las cargas superiores a 0,65 (en valor absoluto), separando de esta manera aquellas variables con una baja incidencia.

De lo anteriormente considerado, el primer factor contiene a las variables: %A, filos., %MgO, %Al₂O₃, %Fe₂O₃, %SiO₂, Q, Fe(d) y los elementos, Zn, Ni, Co, Pb, Cr y Ga. Siendo un factor fundamentalmente arcilloso, dadas las altas cargas presentadas por la proporción de arcilla, filosilicatos, hierro y aluminio. Debiendo ser estos perfiles fundamentalmente caoliníticos dada la alta contribución del aluminio, con una menor presencia de ilita por la mediana contribución del %K₂O. Destaca también la puntuación alta de signo negativo en el %SiO₂ y Q como variables opuestas a la existencia de una mayor proporción de arcilla.

TABLA X-2 .- CARGAS FACTORIALES DE LAS COMPONENTES ROTADAS Y % DE VARIANZA EXPLICADA.

VARIAB.	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5	FACTOR 6	FACTOR 7
Mn	-0,047	0,271	0,454	0,110	0,086	0,075	0,648
Zn	<u>0,783</u>	0,205	0,268	0,185	-0,046	-0,205	0,053
Cu	0,471	-0,115	0,076	-0,036	0,200	-0,147	<u>0,683</u>
Ni	0,904	-0,033	-0,151	0,025	0,180	-0,029	<u>0,218</u>
Co	<u>0,915</u>	0,039	-0,075	0,039	0,123	-0,088	0,200
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pb	<u>0,662</u>	0,155	0,311	0,154	-0,319	-0,009	-0,011
Cr	<u>0,818</u>	0,046	-0,104	0,018	0,507	-0,086	0,157
Zr	-0,001	0,710	0,313	0,135	-0,213	0,281	0,037
Y	0,501	<u>0,192</u>	-0,054	-0,117	0,006	0,231	-0,440
Sr	0,408	<u>0,668</u>	0,301	0,344	-0,009	-0,095	-0,173
Rb	0,469	0,406	0,099	0,030	0,173	0,050	-0,192
Ba	0,518	0,624	0,171	0,017	-0,359	-0,025	-0,008
La	0,507	0,382	-0,062	-0,203	-0,058	0,202	0,020
Ga	0,910	0,136	-0,086	-0,066	0,010	-0,097	-0,036
Sn	-0,155	-0,278	-0,212	-0,087	0,127	-0,123	-0,054
Nb	0,271	0,204	0,231	0,020	-0,099	0,214	0,139
SiO2	-0,940	-0,111	-0,144	-0,180	-0,173	-0,007	-0,053
Al2O3	<u>0,952</u>	0,121	-0,081	-0,003	0,159	-0,057	-0,046
Fe2O3	<u>0,840</u>	-0,216	-0,068	-0,070	0,228	0,170	0,241
TiO2	-0,028	0,030	0,649	-0,037	-0,143	-0,087	-0,044
MgO	<u>0,768</u>	0,442	0,055	0,229	0,109	-0,123	-0,197
CaO	0,064	0,123	0,094	0,951	-0,058	0,168	-0,010
Na2O	0,255	0,754	0,274	0,214	0,168	-0,084	-0,114
K2O	0,637	<u>0,559</u>	0,040	0,076	-0,182	-0,229	-0,097
A.G.	-0,520	-0,765	-0,030	-0,061	0,041	-0,068	0,019
A.F.	-0,060	<u>0,773</u>	0,060	-0,247	0,164	0,076	0,026
L.	0,136	0,408	0,142	0,526	-0,212	0,285	0,053
A.	0,895	0,198	-0,099	0,103	-0,129	-0,130	-0,110
M.O.	-0,028	0,242	0,900	0,083	-0,112	0,085	0,088
CaCO3	0,083	0,011	-0,026	<u>0,977</u>	0,046	0,062	0,078
pH(a)	-0,379	0,056	-0,017	0,286	-0,129	0,788	-0,023
pH(s)	-0,331	0,032	-0,043	0,283	-0,057	<u>0,810</u>	-0,030
C.C.	0,250	0,473	0,481	0,179	0,359	<u>0,152</u>	-0,115
Q	-0,879	-0,286	0,024	-0,096	-0,183	0,076	0,139
F	-0,232	0,639	0,476	0,085	0,077	0,075	-0,003
Ca	0,058	0,051	0,038	<u>0,973</u>	-0,042	0,117	-0,036
D	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	0,000	-0,000
filo.	0,909	0,160	-0,116	-0,042	0,173	-0,104	-0,130
Fe(o)	0,343	0,054	-0,059	-0,091	<u>0,831</u>	-0,111	0,196
Fe(d)	<u>0,657</u>	-0,390	-0,124	-0,104	0,177	0,182	0,451
Al(o)	0,474	0,131	-0,035	-0,092	<u>0,807</u>	-0,007	-0,001
% Varian.	29.72	13.51	9.35	8.26	5.89	4.93	4.35
% Varian. acumulada	29.72	43.23	52.58	60.84	66.73	71.67	76.02

El factor 2 puede asignarse a la textura y reúne las variables: %A.G., %A.F., %Na₂O, Zr y Sr, sin contribuciones demasiado altas. Hay que resaltar la presencia en este factor del Sr que se puede justificar con su posible existencia en las fracciones intermedias de los perfiles de este grupo.

El factor 3 contempla solamente a la M.O. según el criterio establecido. Con una carga medianamente alta aunque sin llegar al límite, el %TiO₂, lo que implica de alguna manera una relación entre ambos parámetros en estos suelos.

El factor 4, es un factor puramente calcáreo, reuniendo a las variables: carbonatos, calcita y %CaO.

Los óxidos extraídos de Fe(o) y Al(o) están en el factor 5 y las variables pH en agua y pH en KCl en el factor 6, ambos factores no parece que se relacionen de forma expresa con otras variables, dadas sus diferencia de carga con el resto, mucho más disminuidas.

Por último el Cu y Mn se encuentran agrupados en el factor 7, con contribuciones pequeñas a la varianza y por lo tanto sin una gran implicación en este grupo.

Los 7 factores comentados explican un 76,02% de

la varianza total, por debajo de la considerada mínima (80%), según el criterio adoptado, ello puede deberse al amplio número de muestras y por consiguiente de variedad entre los perfiles.

En las figuras 83 a y b, se representan las cargas del factor 1 (eje X) frente a 2 y 3 (eje Y), pudiéndose observar de forma conjunta la dependencia entre ellos. Se deduce de dichas gráficas la mayor influencia que ejerce el primer factor frente al segundo y tercero, ya que como se observa, una gran parte de las variables están agrupadas en los valores más positivos del eje X y sobre él.

En la tabla XI-2, se incluyen las puntuaciones en cada factor para cada muestra, teniéndose en cuenta, como es lógico, las variables que afectan a cada uno de los factores.

En dicha tabla puede apreciarse más claramente en el primer factor, asociado al carácter arcilloso, las altas puntuaciones en las muestras correspondientes a los horizontes B. Con signo negativo los de carácter contrario en cuanto a menor abundancia de la fracción arcilla, horizontes más superficiales, al contrario de lo que ocurre con el factor 3. La muestra 19 correspondiente al horizonte más superficial del perfil CA-29 tiene valor de

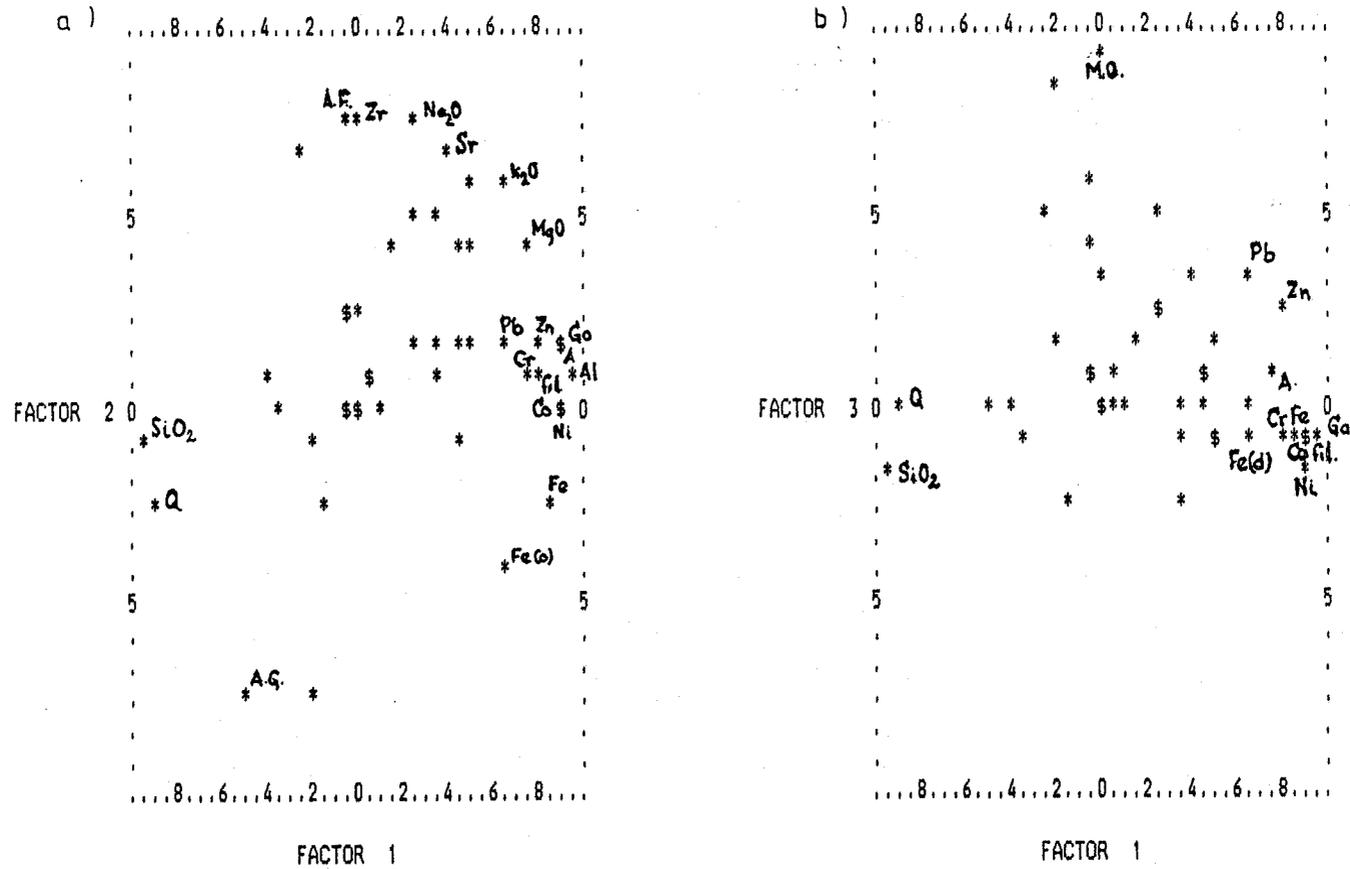


Fig. 83.- Diagrama de dispersión de las variables: a) del factor 1 (eje X) frente al 2 (eje Y); b) del factor 1 (eje X) frente al 3 (eje Y). (Grupo de perfiles arenosos y sedimentos arcillosos).

TABLA. XI-2 .- PUNTUACIONES DE LOS FACTORES EN LAS MUESTRAS DE ARENAS Y SEDIMENTOS.

MUESTRAS	n.	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5	FACTOR 6
CA-13 A1	1	-0,590	1,283	0,176	-0,178	-0,742	0,539
A2	2	-0,495	1,129	-0,171	-0,360	-0,697	-0,127
AC	3	-0,561	1,112	-0,570	-0,291	-0,812	-0,053
2Bg1	4	1,771	0,040	-0,073	0,003	-1,167	-1,168
2Bg2	5	1,307	0,693	-0,303	-0,203	-0,644	-1,672
2Cg	6	1,524	0,927	-0,104	-0,100	-0,712	-1,090
CA-25 A1	7	-1,065	0,080	0,131	-0,081	0,287	-0,107
A2	8	-0,986	0,563	-0,909	-0,279	-0,159	0,350
A/C	9	-1,008	0,268	-0,952	-0,209	-0,106	0,578
C	10	-0,974	0,686	-1,211	-0,276	-0,494	0,546
2Bt	11	0,684	-0,130	-0,531	-0,273	0,509	0,561
2Bx	12	1,606	0,598	-0,232	-0,707	0,255	0,473
CA-28 A1	13	-0,283	0,799	0,694	-0,185	0,287	-0,923
A2	14	-0,921	-0,352	0,464	-0,037	0,333	-0,877
AC	15	-1,222	-1,100	-0,240	0,007	0,301	-1,374
(C/A)1	16	-1,201	-1,005	-0,664	-0,106	0,133	0,004
(C/A)2	17	-1,191	-1,338	-0,501	0,071	0,211	0,094
Bt	18	0,708	-1,456	0,034	0,152	0,120	-0,201
CA-29 A1	19	-0,464	-1,263	3,791	0,124	0,143	-0,864
A2	20	-0,967	-1,056	-0,308	-0,003	-0,225	0,481
2Btg1	21	0,226	-1,442	0,077	-0,238	-0,478	1,158
2Btg2	22	2,211	-2,280	0,468	-0,644	-0,205	3,339
CS-14 A1	23	0,137	0,518	3,838	-0,476	-0,410	-0,219
A2	24	0,016	1,367	1,373	-0,445	-0,633	0,208
AC	25	0,776	1,326	-0,244	-0,020	-0,956	-0,219
2Ck	26	0,323	0,015	-0,044	6,496	-0,253	0,011
2Cg	27	0,576	0,722	0,649	0,416	-0,148	1,770
2C1	28	-0,144	1,326	-0,407	0,414	-0,044	1,441
2C2	29	-0,348	1,184	-0,151	-0,311	0,215	2,113
3Ck	30	-0,054	0,858	0,803	0,455	-0,103	2,199
CS-22 A	31	-0,894	-0,444	-0,302	-0,090	-0,394	-0,885
C	32	-0,909	-0,571	-0,913	-0,232	-0,331	-0,271
2C	33	-0,802	-0,596	-1,082	-0,389	-0,212	0,782
CS-23 Ap	34	-0,340	-0,456	-0,231	-0,396	-0,494	-0,938
2Bt	35	1,989	-0,744	-0,194	-0,298	-0,787	-0,956
2BC	36	1,131	0,247	-0,855	-0,213	-1,224	-1,364
2C	37	1,222	0,441	-0,687	-0,320	-1,623	-0,772
CS-24 A	38	-0,884	-0,997	0,709	0,070	-0,110	-0,284
AC	39	-0,863	-0,930	0,009	-0,044	-0,580	-0,044
C	40	-0,790	-1,226	0,084	-0,413	-0,050	-0,490
AS-8 A1	41	-0,510	-0,819	-0,394	0,371	0,716	-0,688
Bt1	42	1,361	-1,168	-0,793	-0,034	0,864	0,210
Bt2	43	1,270	-1,237	-0,713	-0,207	1,699	-0,155
AS-9 A1	44	-0,813	0,979	1,406	-0,314	0,614	0,112
C	45	-0,991	1,416	-0,607	-0,054	0,611	0,001
2Bg1	46	0,914	0,681	0,227	-0,160	4,182	-0,549
2Bg2	47	0,516	1,352	-0,543	0,004	3,311	-0,680

3,791 perfectamente acorde con el valor particularmente alto de la materia orgánica en este horizonte (7,14%). El factor calcáreo (factor 4), con una puntuación de 6,496 en la muestra 26, corresponde a un horizonte de acumulación de carbonatos (horizonte Ck, perfil CS-14).

En las figuras 84 y 85 se representan las puntuaciones del factor I frente a II y III, dando lugar a las agrupaciones de las muestras en función de características comunes restringidas a los parámetros que están más implicadas en este grupo.

Así, en la primera de las dos figuras anteriores, es posible agrupar las muestras según su textura más arenosa y de fina a más gruesa, hacia la parte baja del círculo. Se puede anotar la correspondencia de la muestra 22 con un marcado carácter arcilloso y a la vez con una gran proporción de arena gruesa.

La figura 85 señala una agrupación de las muestras por su marcada proporción de arcilla, con un orden de arriba abajo dependiendo de la mayor o menor cantidad de materia orgánica. Destacan las muestras 19 y 23 con valores en M.O. muy altos, anotando su mayor carácter arcilloso de izquierda a derecha.

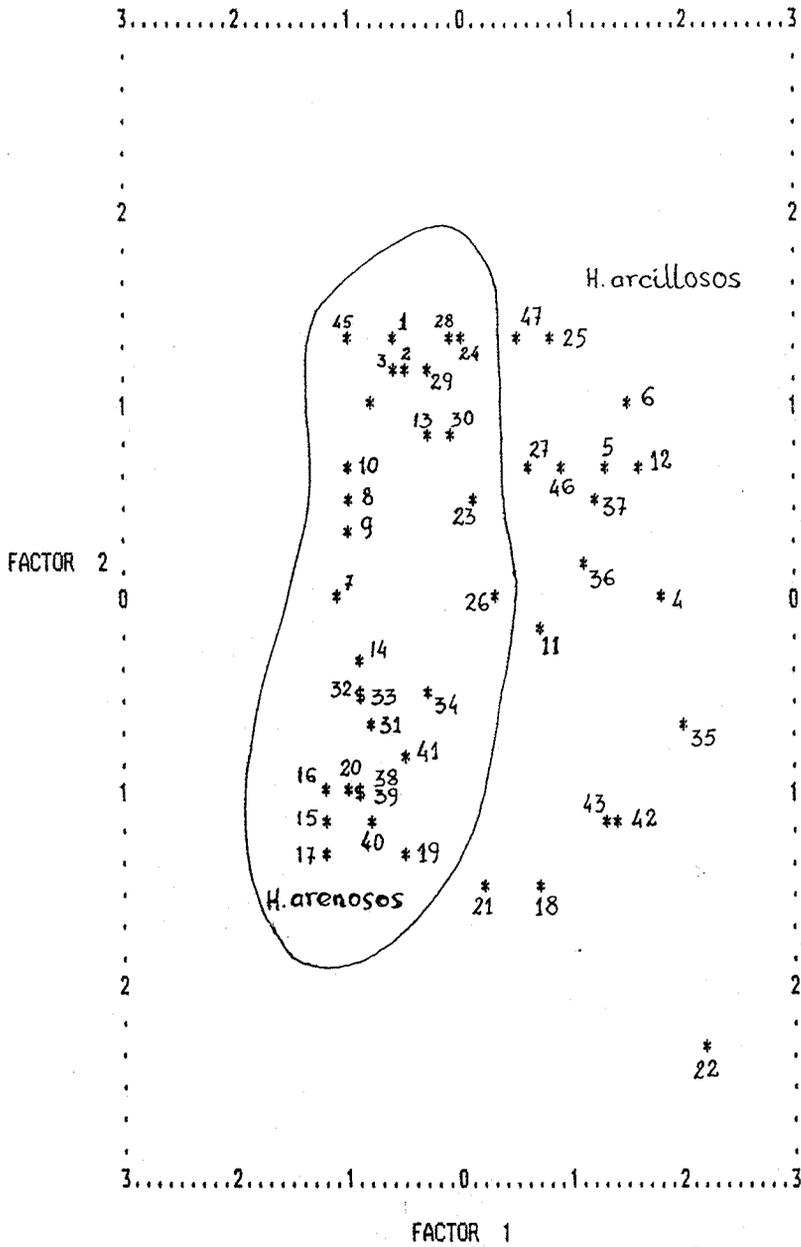


Fig. 84.- Representación de las puntuaciones del factor 1 (eje X) respecto al 2 (eje Y) en las muestras de suelos arenosos y sedimentos arcillosos.

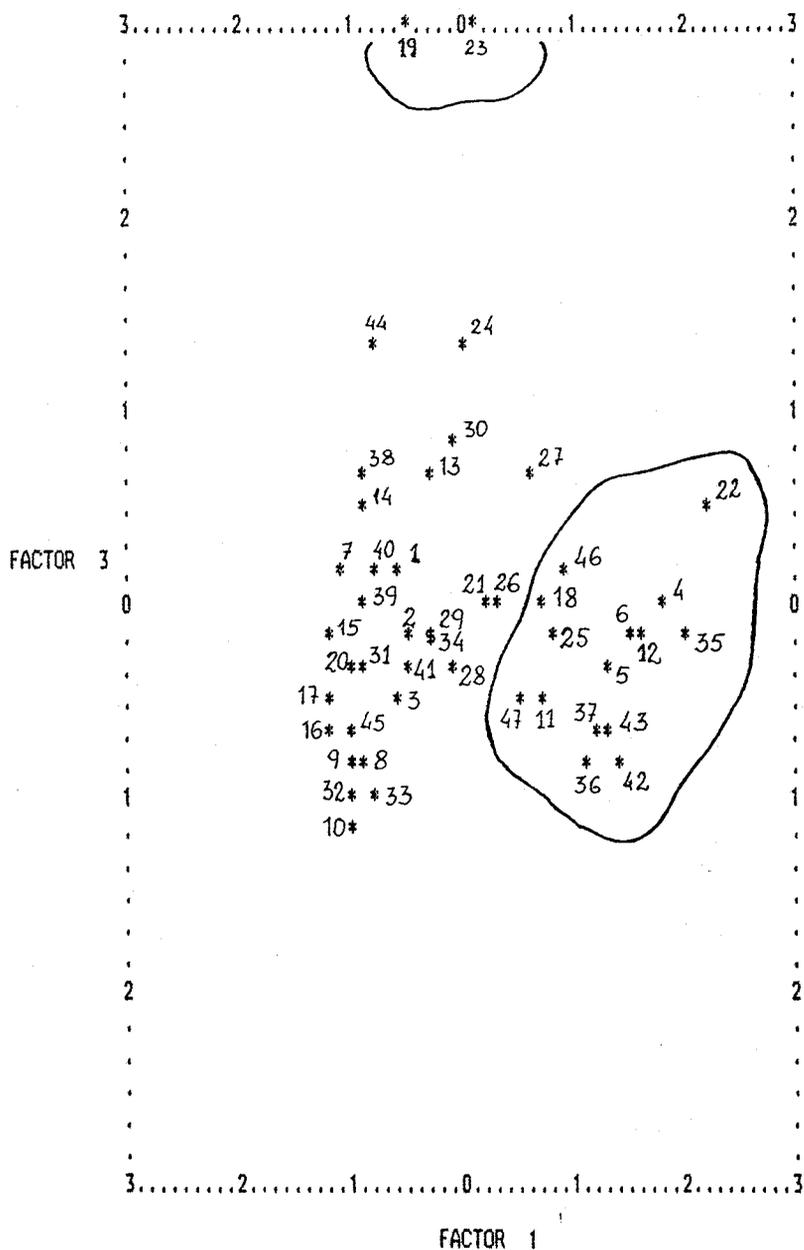


Fig. 85.- Representación de las puntuaciones del factor 1 (eje X) respecto al 3 (eje Y) en las muestras de suelos arenosos y sedimentos arcillosos.

III.2.3. ESTUDIO ESTADISTICO DE LOS PARAMETROS ANALIZADOS EN PERFILES DE SUELOS SOBRE CALIZA Y MARGAS.

Tomando los datos obtenidos por los distintos métodos aplicados en las muestras de este grupo, se ha confeccionado una matriz con 45 columnas, correspondientes a cada uno de los parámetros analizados, y 15 filas derivadas de los casos (horizontes) en los 5 perfiles que forman este grupo, CM-18 (Chromoxerert éntico), CM-20 (Xerochrept vértico), CM-21 (Xerochept cálcico vértico), CC-26 (Rendollic xerorthent) y CC-27 (Litic haploxeralf).

En este estudio, se incluyen valores correspondientes a los minerales de arcilla (esmectita, illita y caolinita).

A partir de la matriz de datos formada se ha obtenido la matriz de correlación (45x45), calculando los coeficientes "r de Pearson" y escogiendo las correlaciones más significativas a nivel de 90%, 95%, 99% y 99,9%, así como el signo de la pendiente de la recta de regresión que da el sentido de la relación entre los pares de variables correlacionadas (tabla VIII-3, expuesta en el apartado III.1.3.).

Para maximizar la varianza del sistema de variables y a la vez obtener un simplificación, se agruparon dichas variables en un número limitado de

factores.

Para lograr lo anteriormente expuesto se realizó el mismo tratamiento informático que en los grupos anteriores.

Se obtuvieron los valores propios y porcentajes de varianza así como la varianza acumulada, presentando en la tabla IX-3 los 13 primeros valores.

Observando la tabla anterior se deduce una acumulación de la varianza en los primeros factores, lo que significa una importante relación entre las variables, explicándose entre los dos primeros el 62,82% de la varianza total.

El criterio para la elección del número óptimo de componentes principales (factores) ha sido el mismo que en los grupos anteriores. De esta manera se ha conseguido una distribución de los 45 parámetros utilizados en 7 factores, explicando con ello el 93,80% de la varianza total.

Para maximizar la varianza explicada por cada factor y así obtener una mejor agrupación de las variables, los 7 componentes principales se sometieron a una rotación ortogonal siguiendo el criterio Varimax, ajustando las puntuaciones a 0, +1 y -1, obteniéndose así las cargas factoriales que se presentan en la tabla X-3. Estos valores

TABLA IX-3.-VALORES PROPIOS Y PORCENTAJES
DE VARIANZA EXPLICADA.

FACTOR n.	VALOR PROPIO	% VARIAN	% VARIAN. ACUMULADA
1	18.394	35.37	35.37
2	14.270	27.45	62.82
3	6.398	12.30	75.12
4	3.678	7.07	82.19
5	2.701	5.19	87.38
6	1.920	3.70	91.08
7	1.419	2.72	93.80
8	0.926	1.78	95.58
9	0.708	1.37	96.95
10	0.501	0.96	97.91
11	0.396	0.76	98.67
12	0.300	0.58	99.25
13	0.266	0.51	99.76

configuran las contribuciones de cada variable en cada uno de los factores y la relación de ellas entre sí.

En la misma tabla anterior se presentan también los nuevos porcentajes de varianza explicada por cada factor, teniendo en cuenta que las descritas por los dos primeros han disminuido, 26,67% y 22,43%, frente a 35,37% y 27,45% antes de rotar, aumentando en los restantes, puesto que el total se traduce en una mejor distribución de los parámetros.

Para una interpretación más clara de los resultados se simplificó el número de factores de 7 a 5 ya que los factores 6 y 7 no contribuyen de forma importante en el conjunto, dadas las bajas cargas, por lo que no están incluidos en la tabla X-3.

La asignación de los distintos parámetros a cada uno de los factores se ha hecho en base a la mayor carga, adoptándose la misma limitación que en grupos anteriores al considerar solamente las cargas superiores a 0,65, separando de esta manera aquellas variables con una baja incidencia.

Según lo anteriormente expuesto, el factor 1 agrupa las variables: C.C., %Arcilla, %Filos., %TiO₂, %Al₂O₃, %Fe₂O₃, %A.F. y los elementos Zn, Co, Ni, Cr, Rb,

La y Ga. Se puede asignar este factor a la capacidad de cambio catiónico (C.C.) junto a la fracción arcilla con una relación muy importante de los sesquióxidos y elementos que pueden intervenir en procesos de sustituciones isomórficas.

El factor 2 puede definirse como complementario del anterior o como puente entre el primero y tercero, ya que fundamentalmente relaciona de forma inversa pH y fracción gruesa del suelo. Las variables que se pueden asignar a este factor por las cargas obtenidas son %A.G., pH, Q, Fe(o), Fe(d), Al(o), esmectita, ilita, además de Mn e Y. Se relacionan igualmente, con el mismo signo, esmectita y pH y de forma contraria con la ilita. Por lo tanto, se puede concretar este factor como de relación de la basicidad con la textura.

El factor 3, es claramente calcáreo, en él intervienen positivamente %CaCO₃, %L, %CaO y Cd, negativamente %SiO₂, Ba y Zr, la proporción del mineral calcita se podría incluir en este factor donde es mayor su carga, aunque no alcanza el valor mínimo propuesto, estando muy distribuida en los diferentes factores. Se observa, igualmente, una importante contribución de la fracción limo, lo que puede significar que acoja una mayor proporción de materiales calcáreos en esta fracción.

El Cd tiene también una participación importante en este factor y de relación con los carbonatos, así como el Ba y la sílice de forma contraria con estos materiales. Por otra parte, no se observa la inclusión del Sr en este factor, contraria a lo que se podría esperar, ya que distintos autores expresan esta vinculación del elemento a los materiales carbonatados.

El factor 4 es un factor dolomítico, donde las variables dolomita y %MgO están lógicamente interrelacionadas, en este caso también el elemento Cu de forma opuesta (tabla X-3).

El factor 5, contiene de forma aislada a la materia orgánica con una cierta relación con Pb y Cu pero sin alcanzar estos elementos contribuciones importantes en el factor.

Estos cinco factores comentados contribuyen con el 82,57% a la varianza total, por encima de la máxima aceptable según el criterio adoptado.

En las figuras 86 a y b, se representan las cargas del factor 1 (eje X) frente a 2 y 3 (eje Y) respectivamente, observándose en ellas las agrupaciones de las variables que inciden fundamentalmente en los factores representados.

TABLA. X-3 .-CARGAS FACTORIALES DE LAS COMPONENTES ROTADAS Y % DE VARIANZA EXPLICADA.

VARIAB.	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5
Mn	-0,044	0,926	-0,203	0,141	0,108
Zn	0,693	-0,006	-0,094	-0,024	0,308
Cu	-0,100	-0,053	0,297	-0,680	0,555
Ni	0,948	-0,161	-0,104	0,083	-0,166
Co	0,902	0,288	-0,096	-0,167	0,057
Cd	-0,224	-0,091	0,730	-0,414	0,164
Pb	-0,121	-0,221	-0,158	-0,089	0,631
Cr	0,868	-0,045	-0,353	-0,187	-0,146
Zr	0,444	0,343	-0,692	-0,002	0,138
Y	0,102	0,759	-0,217	0,173	-0,359
Sr	-0,252	-0,590	0,579	0,234	-0,009
Rb	0,801	-0,199	-0,265	0,021	0,252
Ba	0,307	0,046	-0,805	-0,199	0,063
La	0,712	0,340	-0,286	-0,087	0,009
Ga	0,706	-0,190	-0,617	-0,003	-0,103
Sn	0,272	0,579	0,054	-0,582	0,317
Nb	0,213	-0,170	0,316	-0,096	-0,213
SiO2	0,185	0,505	-0,804	0,054	0,174
Al2O3	0,934	0,001	-0,267	0,156	-0,152
Fe2O3	0,778	0,268	-0,423	0,309	-0,064
TiO2	0,857	-0,189	-0,311	0,187	-0,205
MgO	0,017	-0,491	0,114	0,670	-0,079
CaO	-0,376	-0,439	0,772	-0,176	-0,125
Na2O	-0,351	-0,251	0,067	0,107	0,011
K2O	0,082	0,345	-0,547	0,305	0,221
A.G.	-0,295	0,809	-0,401	-0,059	0,185
A.F.	-0,735	-0,153	-0,362	0,142	0,016
L.	0,202	-0,320	0,819	0,007	-0,302
A.	0,893	-0,354	0,027	-0,144	0,115
M.O.	0,155	0,501	-0,152	-0,220	0,696
CaCO3	-0,349	-0,466	0,767	-0,017	-0,194
pH(a)	0,111	-0,889	0,128	0,268	-0,188
pH(c)	-0,185	-0,784	0,398	0,145	0,047
C.C.	0,937	-0,135	-0,107	-0,108	0,029
Q	-0,393	0,774	-0,341	0,006	0,096
F	-0,620	0,361	-0,256	0,009	0,171
Ca	-0,451	-0,388	0,646	-0,429	-0,041
D	-0,218	-0,322	0,103	0,738	-0,108
fil.	0,705	0,089	-0,513	0,339	0,003
Fe(o)	-0,127	0,942	-0,188	0,065	0,147
Fe(d)	-0,246	0,770	-0,242	0,456	0,056
Al(o)	0,454	0,766	-0,210	-0,146	0,199
esmec.	0,560	-0,726	0,253	-0,054	-0,153
ilita	-0,608	0,729	-0,044	0,075	0,130
caol.	-0,343	0,568	-0,632	0,001	0,174
% Varian.	26.67	22.43	17.47	8.20	7.80
% Varian. acumulada	26.67	49.10	66.57	74.77	82.57

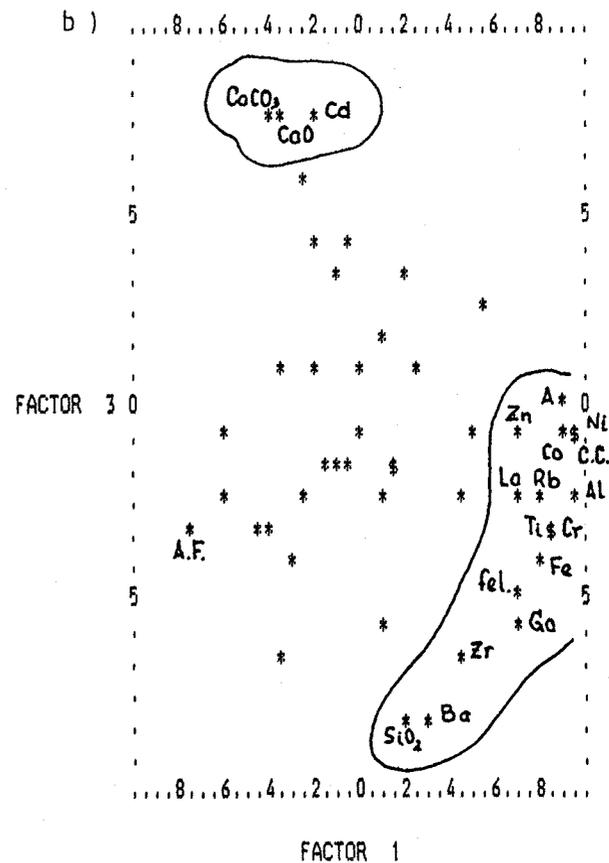
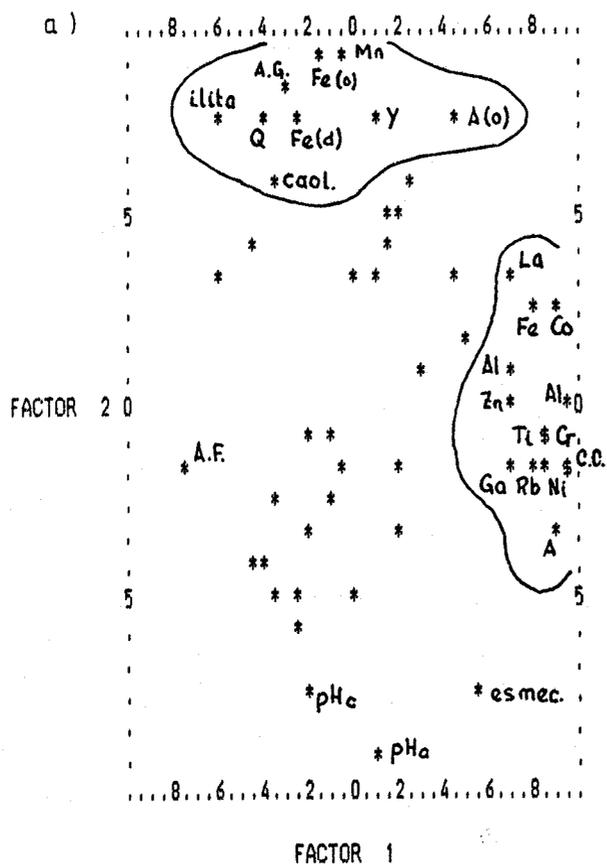


Fig. 86.- Diagrama de dispersión de las variables: a) del factor 1 (eje X) frente al 2 (eje Y); b) del factor 1 (eje X) frente al 3 (eje Y). (Grupo de perfiles sobre calizas y margas).

Las puntuaciones en cada factor para cada muestra se presenta en la tabla XI-3, correspondiendo los valores más altos en el primer factor para el perfil CM-20, el segundo factor o factor de acidez distingue con alta puntuación los horizontes sobre caliza dura (CC-27), mientras que el factor 3 distingue el horizonte CK, con mayor porcentaje de carbonatos del grupo en el mismo perfil anterior, siendo el perfil CM-18 el que alcanza el valor más alto en el factor dolomítico.

En las figuras 87 y 88 se representan las puntuaciones de un factor frente a otro, dando lugar a las agrupaciones de las muestras en función de características comunes restringidas a los parámetros más implicados en este grupo. En la primera figura se pueden establecer tres agrupaciones (A, B y C), correspondiendo la A a muestras con valores altos en la capacidad de cambio diferenciado de los otros dos grupos, mientras que B y C se distinguen en el pH, además de la agrupación C (correspondiente al perfil sobre caliza dura CC-27) con pH ácido.

En la figura 88 las dos agrupaciones que se establecen corresponden, una de ellas a las mismas muestras anteriores con alta capacidad de cambio y la otra influenciada por el carácter calcáreo, así como a su contenido en la fracción limo. La muestra 4, correspondiente al horizonte C_k del perfil CM-20 se

destaca igualmente con valor alto en la fracción limo.

TABLA. XI-3 .- PUNTUACIONES DE LOS FACTORES EN LAS MUESTRAS DE SUELOS SOBRE CALIZAS Y MARGAS.

MUESTRAS	n.	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5
CM-20 Ap	1	1,956	0,070	-0,451	-0,432	0,931
Bw	2	1,964	0,064	-0,127	-0,366	-0,177
BC	3	1,655	-0,088	0,148	0,058	-0,420
Ck	4	-0,079	-0,028	2,172	0,224	-0,643
CM-21 Ap	5	-0,844	-1,276	-2,139	-0,029	1,021
B	6	0,006	-0,085	-1,220	-0,383	-0,980
C1k	7	-0,496	-0,539	0,408	-0,405	-1,250
C2	8	-0,773	-0,697	-0,593	-0,524	-1,851
CM-18 Ap	9	-0,151	-0,451	0,008	1,162	0,820
AC	10	-0,287	-0,455	0,440	1,679	0,325
C	11	-0,303	-0,516	0,349	1,797	-0,225
CC-26 Ap	12	-0,839	-0,504	0,974	-1,329	2,052
CA/C	13	-0,597	-0,083	0,827	-1,876	0,047
CC-27 Ap	14	-0,500	2,062	-0,086	0,575	0,631
B	15	-0,713	2,526	-0,710	-0,152	-0,283

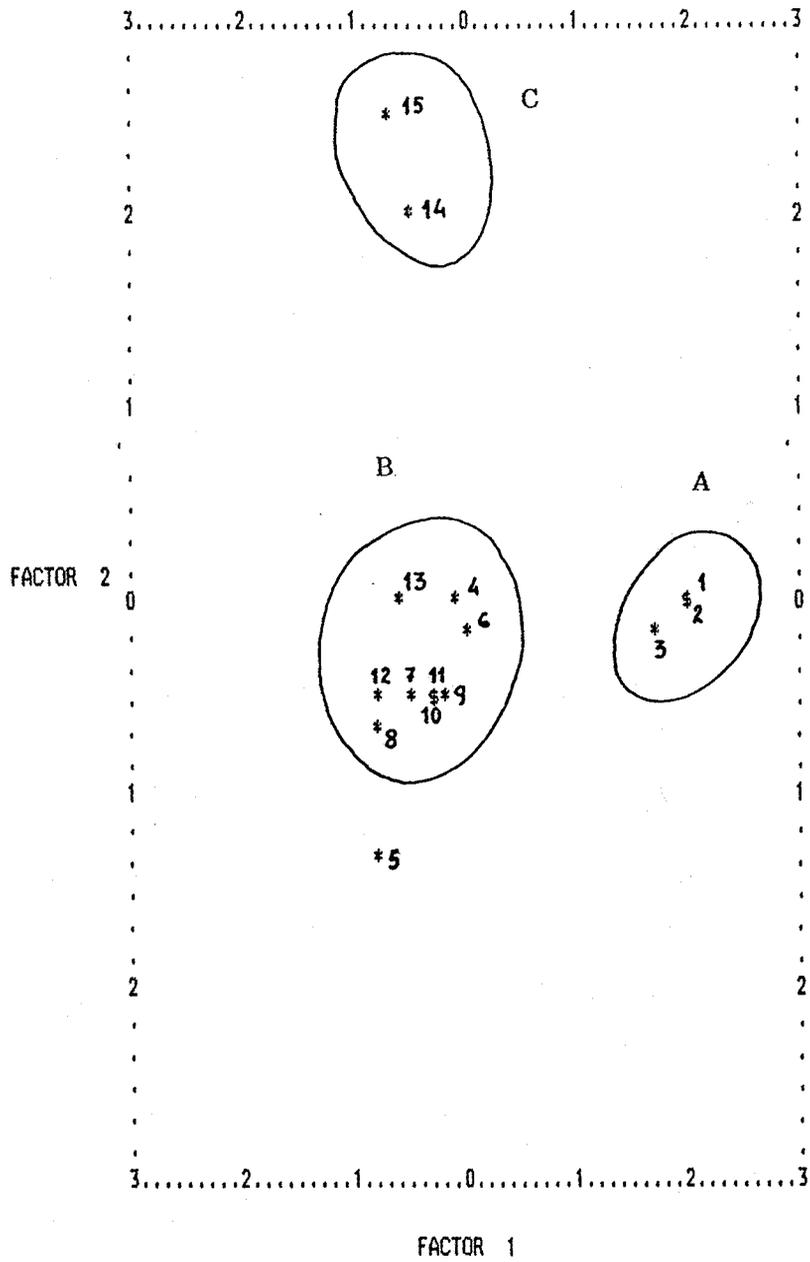


Fig. 87.- Representación de las puntuaciones del factor 1 (eje X) respecto al 2 (eje Y) en las muestras de suelos sobre calizas y margas.

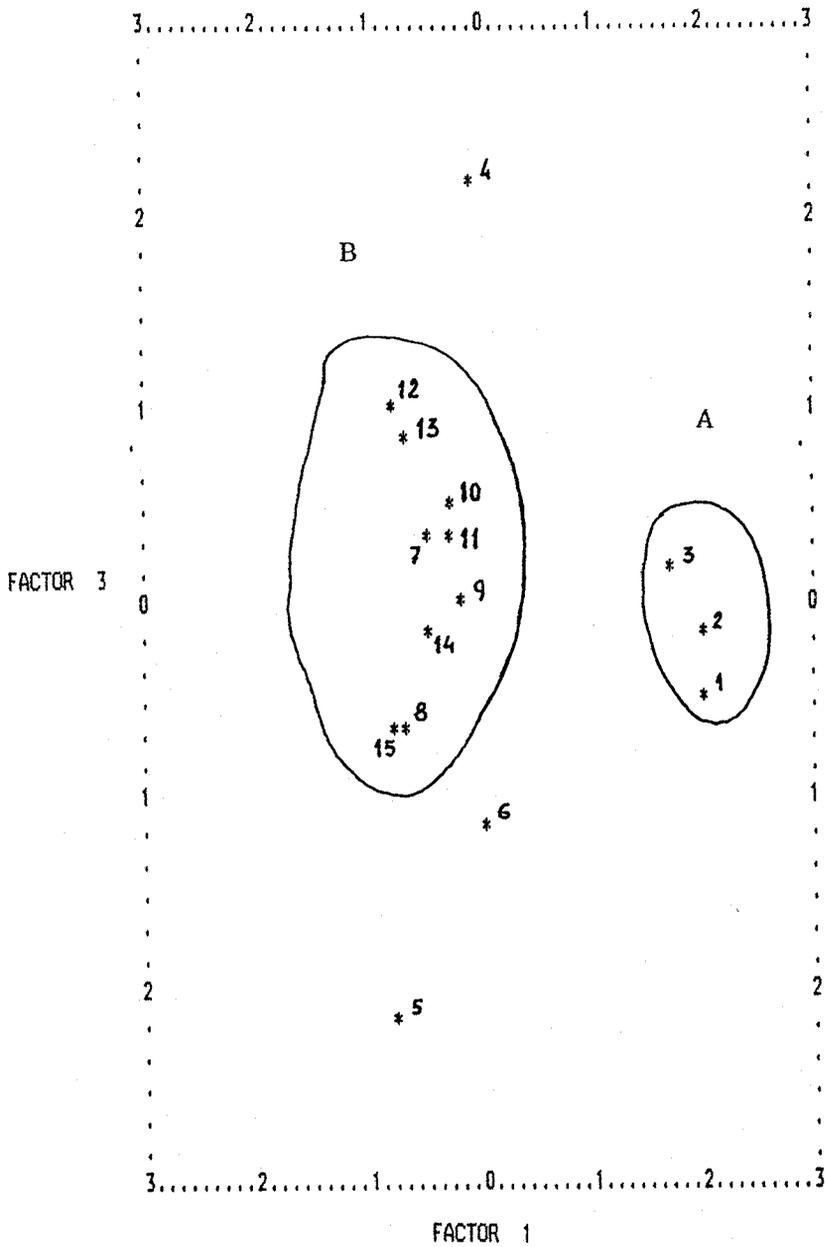


Fig. 88.- Representación de las puntuaciones del factor 1 (eje X) respecto al 3 (eje Y) en las muestras de suelos sobre calizas y margas.

III.2.4. ESTUDIO ESTADISTICO DE LOS PARAMETROS ANALIZADOS EN PERFILES DE SUELOS SOBRE PIZARRAS

A partir de los datos principales recogidos de los tres perfiles estudiados en este grupo, SP-1 (Typic xerochrept), SP-2 (Ultic palexeralf) y AP-12 (Ultic haploxeralf), se ha confeccionado una matriz de datos de 45 columnas correspondientes a cada uno de los parámetros analizados, y de 12 filas, pertenecientes a cada una de las muestras.

Los parámetros utilizados en este estudio son los mismos del grupo anterior incluidos los correspondientes a los minerales de la arcilla (esmeclita, ilita y caolinita).

A partir de la matriz de datos formada se ha obtenido la matriz de correlación (45x45), calculando los coeficientes "r de Pearson" y escogiendo las correlaciones más significativas a nivel de 90%, 95%, 99% y 99,9%, así como el signo de la pendiente de la recta de regresión que da el sentido de la relación entre los pares de variables correlacionados (tabla VIII-4, expuesta en el apartado III.1.4.).

Para maximizar la varianza del sistema de variables y obtener también una simplificación del mismo, se agruparon dichas variables en un número limitado de factores mediante tratamiento informático idéntico al

utilizado en los grupos anteriores.

Los valores propios, porcentajes de varianza y varianza acumulada se presentan en la tabla IX-4, en la que solamente se dan los 10 primeros valores.

De la tabla anterior se deduce una acumulación de la varianza en los primeros factores, al igual que en los grupos anteriores, explicando más del 60% de ella con las dos primeras componentes.

El criterio utilizado para la elección del número óptimo de componentes principales ha sido el mismo empleado anteriormente. Consiguiendo así una distribución de las variables en 7 componentes principales y explicando con ellos el 94,69% de la varianza total.

Los 7 componentes principales se sometieron a rotación ortogonal, siguiendo el criterio Varimax, con objeto de maximizar la varianza del sistema. Así se obtienen las cargas factoriales para los 45 parámetros estudiados cuyos coeficientes se presentan en la tabla X-4, al igual que los nuevos porcentajes de varianza explicada. Esta nueva varianza disminuye en los tres primeros factores aumentando en los siguientes con respecto a los componentes sin rotar.

Para una interpretación más clara de los

TABLA IX-4.-VALORES PROPIOS Y PORCENTAJES DE VARIANZA EXPLICADA.

FACTOR n.	VALOR PROPIO	% VARIAN	% VARIAN. ACUMULADA
1	19.039	38.86	38.86
2	12,328	25.15	64.01
3	6,152	12.56	76.57
4	3,066	6.26	82.83
5	2,368	4.83	87.66
6	1,895	3.87	91.53
7	1,551	3.16	94.69
8	0,988	2.02	96.71
9	0,675	1.38	98.09
10	0,551	1.04	99.13

resultados, se tendrán solamente en cuenta 5 de los 7 factores obtenidos, ya que los dos últimos intervienen mínimamente en la varianza. Con los cinco factores presentados se explica hasta un 85% de la varianza total, lo que supone un margen amplio respecto al mínimo (80%).

Para la asignación de los distintos parámetros a cada uno de los factores, se sigue el mismo criterio ya comentado.

El factor 1 según las cargas, está muy relacionado con los minerales de la arcilla (ilita y caolinita), acogiendo las siguientes variables: caolinita, C.C., Fe(d), %Fe₂O₃, Cr, Ni, Cu y Mn con signo positivo e ilita, %Fel., %K₂O, %NaO y los elementos Ba, Rb de signo negativo.

El factor 2 acoge las variables: Q, %A.F., %A.G., %SiO₂, filos., %A, %Al₂O₃, Ga, Zr y Pb, se define claramente como un factor de textura con una alta carga en %A.G., %SiO₂ y Q, de forma opuesta a la proporción de arcilla y filosilicatos, observandose también para %Al₂O₃ en el mismo sentido.

El factor 3 es exclusivo, prácticamente, de la materia orgánica que indica una cierta independencia respecto a los demás parámetros. Intentando buscar una

TABLA X-4 .- CARGAS FACTORIALES DE LAS COMPONENTES ROTADAS Y % DE VARIANZA EXPLICADA.

VARIAB.	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5
Mn	0,744	0,271	0,128	0,306	0,241
Zn	0,435	0,172	-0,140	0,657	-0,446
Cu	0,746	-0,089	0,306	0,164	-0,292
Ni	0,823	-0,185	-0,172	0,492	0,031
Co	0,552	-0,144	-0,067	0,780	-0,034
Cd	0,392	-0,168	-0,003	0,859	0,007
Pb	0,004	0,815	-0,083	-0,129	-0,367
Cr	0,695	-0,588	-0,220	0,226	0,237
Zr	-0,328	0,714	0,095	0,210	-0,542
Y	-0,113	0,019	-0,056	-0,280	0,054
Sr	-0,634	-0,493	0,153	-0,151	0,498
Rb	-0,923	0,171	-0,031	-0,061	-0,034
Ba	-0,730	-0,014	-0,608	-0,033	0,017
La	-0,161	-0,220	-0,073	-0,171	0,734
Ga	-0,038	-0,796	-0,326	-0,011	0,029
Sn	0,490	-0,379	-0,229	-0,057	0,451
Nb	0,131	0,120	-0,396	0,778	-0,118
SiO2	-0,284	0,915	0,149	-0,061	-0,016
Al2O3	-0,143	-0,910	-0,213	-0,024	0,028
Fe2O3	0,691	-0,580	-0,266	0,184	0,070
TiO2	0,560	-0,465	-0,182	0,007	0,645
MgO	0,035	0,428	-0,217	0,511	-0,586
CaO	0,299	0,508	0,605	0,363	-0,113
Na2O	-0,831	-0,128	0,295	-0,147	0,202
K2O	-0,935	0,154	-0,094	-0,081	-0,226
A.G.	-0,285	0,900	0,076	0,112	-0,209
A.F.	-0,044	0,830	0,416	-0,058	-0,213
L.	0,105	-0,391	-0,563	-0,049	0,441
A.	0,159	-0,963	-0,105	-0,006	0,092
M.O.	0,049	0,440	0,837	-0,199	0,014
CaCO3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
pH(a)	0,649	0,627	0,117	-0,033	-0,247
pH(s)	0,649	0,542	0,244	-0,017	-0,278
C.C.	0,795	-0,314	0,380	0,288	-0,108
Q	-0,371	0,830	0,306	-0,194	-0,088
F	-0,880	0,297	0,163	-0,207	0,030
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
D	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
filo.	0,484	-0,774	-0,296	0,207	0,070
Fe(o)	-0,300	-0,029	-0,064	0,656	-0,415
Fe(d)	0,673	-0,592	-0,170	0,229	0,156
Al(o)	0,157	0,011	0,138	-0,190	0,196
esmec.	0,433	-0,194	-0,014	0,828	-0,013
ilita	-0,954	0,090	0,192	-0,113	-0,124
caolin.	0,931	-0,113	-0,219	0,135	-0,155
% Varian.	30.24	24.41	10.92	10.55	8.92
% Varian. acumulada	30.24	54.65	65.57	76.12	85.04

relación con otros, sería con %CaO, aunque la carga no alcanza el límite mínimo aceptable.

El factor 4 está ligado al mineral esmectita relacionándose en el mismo sentido con óxido de hierro amorfo, Nb, Cd, Co y Zn.

En el factor 5 sólo se puede ubicar al La y, relacionado con una carga por debajo del criterio, con %TiO₂.

Los cinco factores comentados explican el 85,04% de la varianza total (tabla X-4). Los factores 6 y 7 contribuyen con cargas bajas, el factor 6 únicamente tiene el parámetro Al(o) y el 7 al Y. Esto indica una independencia de ambos incidiendo mínimamente en la varianza.

En la figura 89 a y b se representan las cargas del factor 1 (eje X) frente a los factores 2 y 3 (eje Y), viéndose en ellas las agrupaciones de las variables que inciden fundamentalmente en los factores representados.

En la tabla XI-4 se representan las puntuaciones en cada factor para cada caso. En esta tabla se detectan en los distintos factores puntuaciones particularmente altas como es el caso de la muestra 8 en el factor 1,

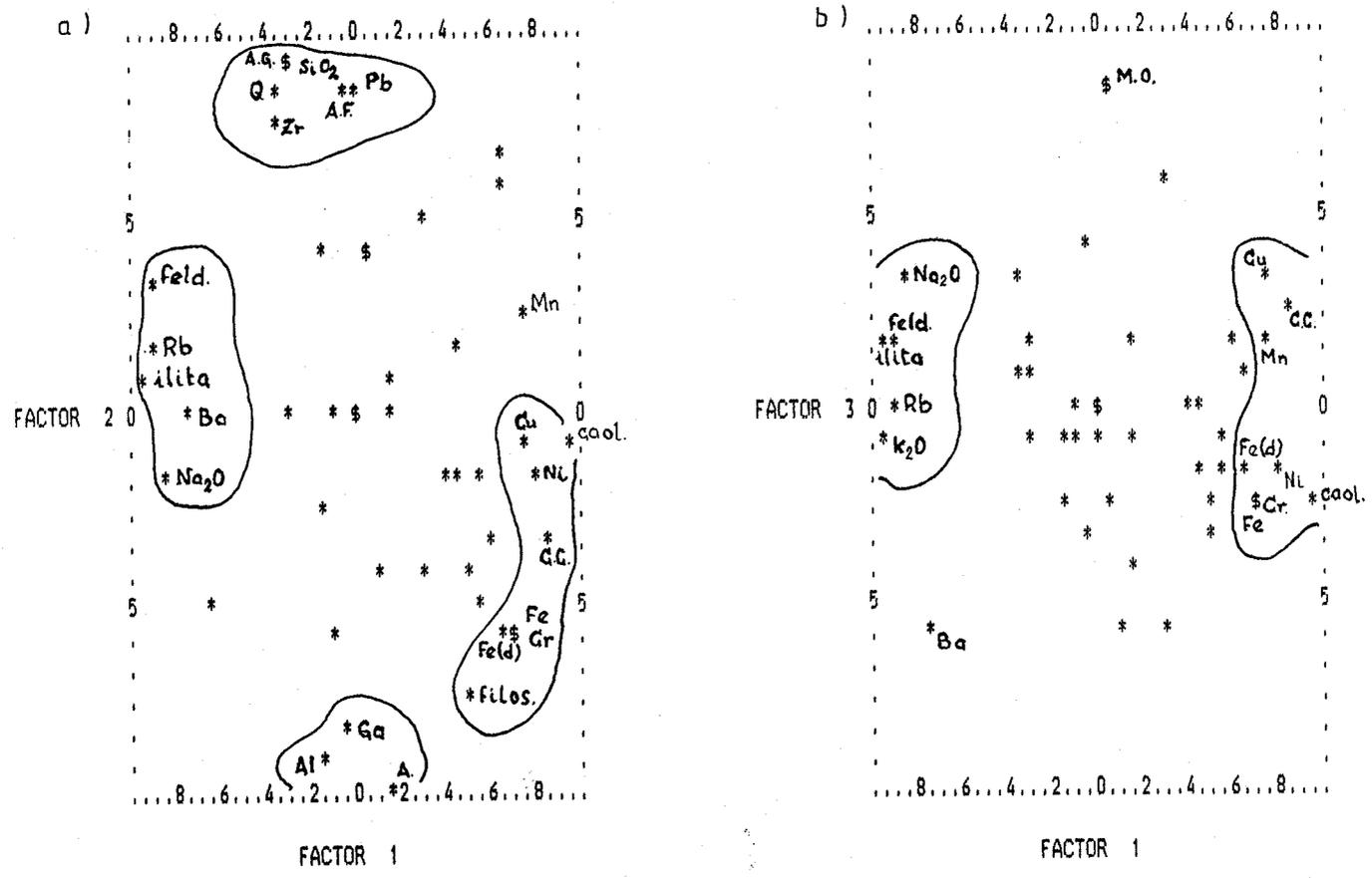


Fig. 89.- Diagrama de dispersión de las variables: a) del factor 1 (eje X) frente al 2 (eje Y); b) del factor 1 (eje X) frente al 3 (eje Y). (Grupo de perfiles sobre pizarras).

TABLA. XI-4 .- PUNTUACIONES DE LOS FACTORES EN LAS MUESTRAS DE SUELO SOBRE PIZARRAS.

MUESTRAS			FACTOR	FACTOR	FACTOR	FACTOR	FACTOR
		n.	1	2	3	4	5
SP-1	A1	1	-0,261	0,797	2,275	0,136	-0,818
	A2	2	-0,660	0,833	0,150	0,001	-0,484
	B/C1	3	-0,953	0,179	-1,038	0,339	-1,244
	C1	4	-0,681	0,759	-1,023	-0,181	-1,350
SP-2	A1	5	0,990	0,729	1,290	-0,808	0,458
	A(B)	6	0,517	0,928	-0,890	0,219	1,032
	2B1	7	0,794	-0,297	-0,551	-0,374	0,177
	2B2	8	1,712	-1,121	-0,481	-1,534	-0,860
	2B3/C	9	1,245	-0,532	-0,010	2,728	0,021
AP-12	A	10	-0,439	0,814	-0,400	-0,255	1,788
	Bt	11	-1,060	-2,095	0,725	0,080	0,063
	C	12	-1,204	-0,995	-0,047	-0,352	1,217

correspondiente a un 90% en caolinita, o bien en el caso 9 del factor 4, única muestra con presencia de esmectita. También en el factor 3 de materia orgánica se observa una alta puntuación para los casos 1 y 5 coincidiendo con altos porcentajes de este parámetro en las muestras correspondientes.

En las figuras 90 y 91 se representan las asociaciones de muestras en función de estas puntuaciones en los factores. Así en la primera de ellas (figura 90) se pueden establecer dos agrupaciones según la similitud en función de los factores. La agrupación A presenta las muestras correspondientes a los horizontes del perfil SP-2 con una mayor proporción de caolinita y una dispersión en cuanto a los valores de las variables acogidas en el segundo factor, fundamentalmente de textura. Asimismo, la agrupación B supone una similitud en cuanto a los valores de tamaño de partícula. La independencia de las muestras 11 y 12 están de acuerdo con los valores puntualmente bajos en la fracción arena gruesa y por consiguiente altos en la fracción arcilla.

En la figura 91, donde se establece una relación con la M.O., se pueden distinguir dos agrupaciones, observándose además la independencia de los casos 1 y 5 con unos contenidos muy altos en materia orgánica.

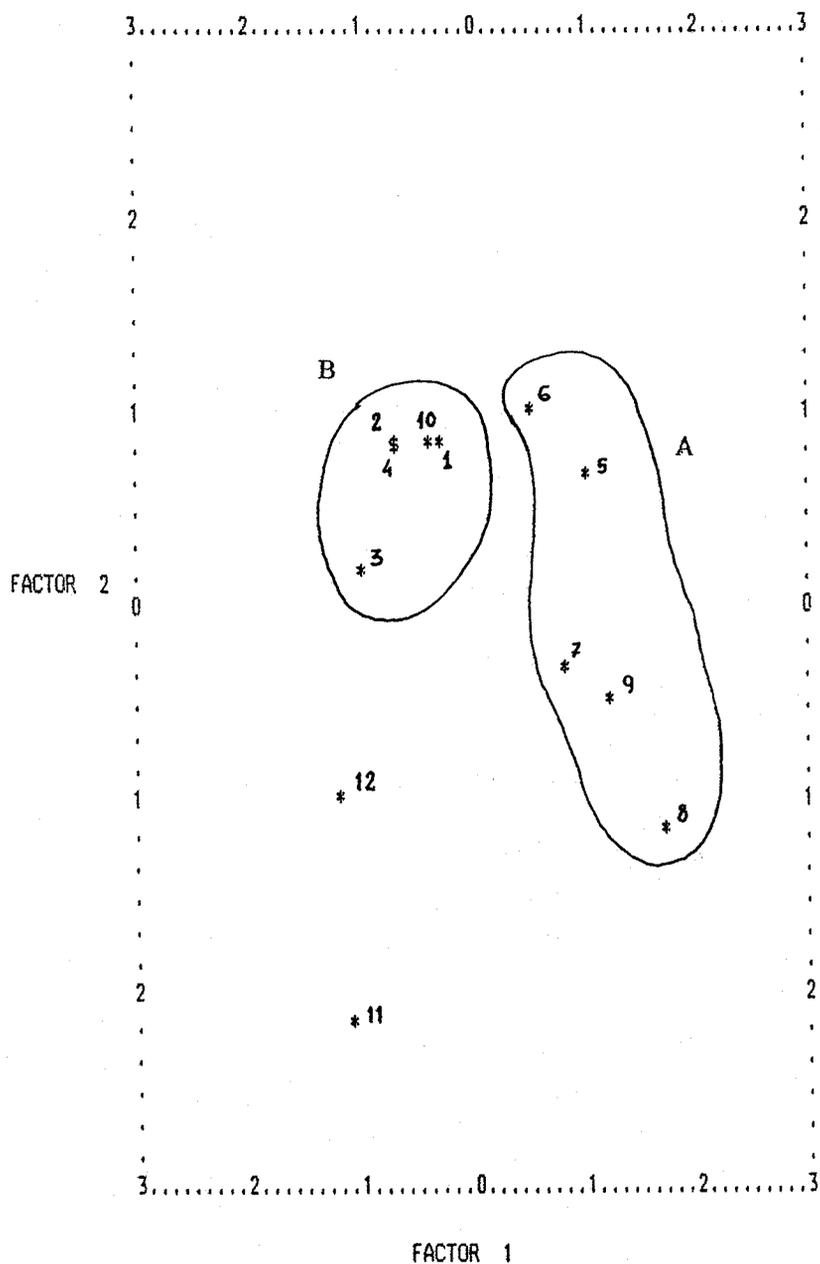


Fig. 90.- Representación de las puntuaciones del factor 1 (eje X) respecto al 2 (eje Y) en las muestras de suelos sobre pizarras.

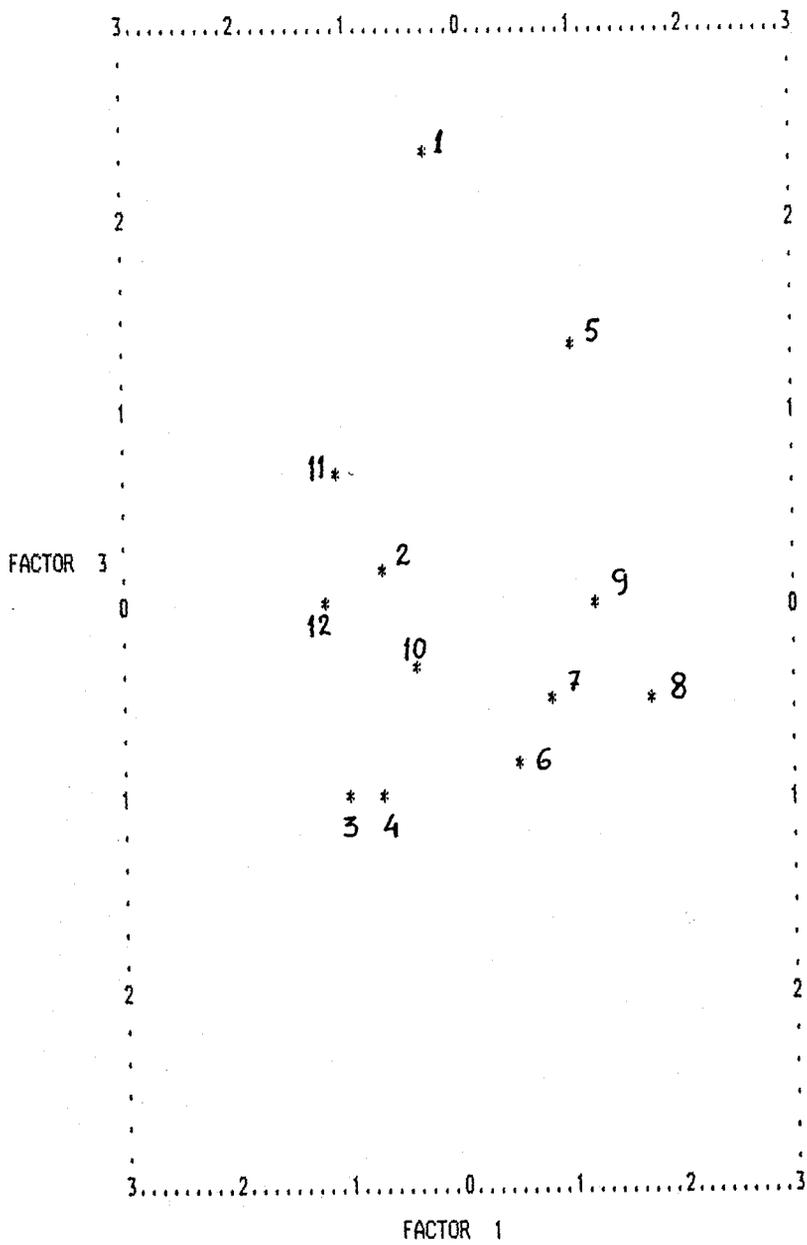


Fig. 91.- Representación de las puntuaciones del factor 1 (eje X) respecto al 3 (eje Y) en las muestras de suelos sobre pizarras.

III.2.5. ESTUDIO ESTADISTICO DE LOS PARAMETROS ANALIZADOS EN PERFILES DE SUELOS SOBRE GRANITOS.

A partir de los datos principales obtenidos de los 5 perfiles estudiados en este grupo, SG-3 (Lithic xerochrept), SG-4 (Typic xerochrept), SG-6 (Typic haploxeralf) SG-5 (Mollic haploxeralf) y AG-11 (Aquic haploxeralf), se ha confeccionado una matriz de datos de 42 columnas, correspondientes a cada uno de los parámetros analizados y de 20 filas, pertenecientes a cada uno de los casos (horizontes o muestras).

Los parámetros utilizados en este estudio son los mismos del grupo anterior, excepto los correspondientes a minerales de la arcilla, de los que al disponerse de ellos solamente en tres de los cinco perfiles se ha optado por no incluirlos, ya que el programa informático utilizado no acepta huecos de datos, quedando disminuido en tres variables con respecto a otros grupos.

A partir de la matriz de datos formada se ha obtenido la matriz de correlación (42x42), calculando los coeficientes "r de Pearson" y escogiendo como más significativas las de 90%, 95%, 99% y 99,9%, así como el signo de la pendiente de la recta de regresión que da el sentido de la relación entre los pares de variables correlacionadas (tabla VIII-5, expuesta en el apartado

III.1.5.)).

El desarrollo de procedimientos de análisis de espacios multidimensionales puede tener varios objetivos, siendo uno de los más importantes la simplificación en la dimensionalidad del sistema, imponiendo la condición de maximizar la varianza que explica y así obtener una representación simplificada del problema que facilita su análisis e interpretación.

Según lo anteriormente dicho se agruparon las variables en un número limitado de componentes. Para ello, se partió de la matriz de correlación y mediante el tratamiento informático, se obtuvieron los valores propios y los porcentajes de varianza para cada componente, así como los valores acumulados de esta varianza, presentando los 15 primeros en la tabla IX-5.

A la vista de dicha tabla se aprecia que no existe una gran dispersión en la varianza, sobre todo, entre el primero y el segundo factor (32,3% y 15,53% respectivamente). Este hecho supone que las correlaciones entre variables van a ser alta y que la contribución del primer factor a la varianza total va a ser mucho mayor que el resto de los factores.

De los diferentes criterios para la elección del número óptimo de componentes principales existentes en la

TABLA IX-5.-VALORES PROPIOS Y PORCENTAJES
DE VARIANZA EXPLICADA.

FACTOR n.	VALOR PROPIO	% VARIAN	% VARIANZA ACUMULADA
1	15.503	32.30	32.30
2	7.455	15.53	47.83
3	6.474	13.49	61.32
4	5.038	10.50	71.82
5	3.188	6.64	78.46
6	2.512	5.23	83.69
7	1.808	3.77	87.46
8	1.215	2.53	89.99
9	1.137	2.37	92.36
10	0.838	1.74	94.10
11	0.645	1.34	95.44
12	0.576	1.20	96.64
13	0.456	0.95	97.59
14	0.345	0.73	98.32
15	0.289	0.60	98.92

bibliografía, DIDAY et al. (1982) señalan aquel que explica, aproximadamente, el 80% de la varianza. Otros autores toman los factores cuyo valor es superior a la unidad (MEDINA, 1975 y GONZALEZ FERNANDEZ, 1983.) entre otros. Ambos criterios como más significativos suelen coincidir muchas veces.

El programa aquí utilizado sigue el segundo criterio, de esta manera se obtiene una distribución de las variables en 9 factores que explican el 92,36% de la varianza total, significando un alto grado de explicación.

Con objeto de maximizar la varianza explicada para cada factor y por tanto una mejor asignación de las variables, las 9 componentes principales son sometidos a una rotación ortogonal siguiendo el criterio Varimax, que ajusta las cargas factoriales a 0, +1 y -1. Estas puntuaciones ajustadas se presentan en la tabla X-5, cuyos valores oscilan practicamente entre 1 y -1, representando el valor relativo de la contribución de cada variable en cada uno de los factores.

En la misma tabla anterior, se presentan también los nuevos porcentajes de varianza explicada para cada factor, teniendo en cuenta que la explicada por todo el conjunto de los 9 factores sigue siendo la misma (92,36%), aunque con una mejor asignación como se comentó

anteriormente, donde el primer factor es el único que disminuye de 32,3% a 20,2% mientras que el resto de ellos aumenta dicha explicación de la varianza. No obstante, para alcanzar una interpretación más clara de los resultados, sobre todo en cuanto a sus puntuaciones, en la tabla X-5 presentada se han descartado aquellos factores que contenían una sola variable, puesto que esta situación indica un comportamiento independiente y con una incidencia mínima en el sistema, a la vez que coincide con una aportación muy pequeña a la explicación de la varianza total. Así, de los 9 factores obtenidos solamente se presentan 5 en la tabla anterior.

La asignación de los distintos parámetros a cada uno de los factores, se ha hecho en base a la mayor carga. Tomándose también el criterio de considerar solamente las cargas superiores a 0,65 y pretendiendo con ello una mayor sencillez en la interpretación de los factores sin pérdida de rigor, dado el gran número de parámetros que se intenta relacionar.

Según esto, el primer factor contiene a las variables: Mn, C.C., Zn, Nb, %CaO, pH (en agua) y pH (en KCl). Puede interpretarse como factor ligado a la acidez o basicidad del medio, estando la capacidad de cambio catiónico íntimamente relacionada en este factor y con una

TABLA. X-5 .-CARGAS FACTORIALES DE LAS COMPONENTES ROTADAS Y % DE VARIANZA EXPLICADA.

VARIAB.	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5
Mn	0,943	0,108	-0,002	-0,013	-0,068
Zn	0,833	0,428	0,014	0,043	-0,240
Cu	0,614	0,441	-0,043	-0,060	0,222
Ni	0,364	0,230	0,077	-0,168	0,601
Co	0,078	0,550	0,230	-0,152	0,531
Cd	-0,091	0,088	-0,056	-0,112	0,154
Pb	-0,107	-0,261	-0,771	0,301	-0,356
Cr	0,160	0,536	-0,040	-0,158	0,641
Zr	-0,231	-0,154	0,261	-0,060	0,832
Y	-0,048	0,010	-0,180	-0,159	-0,182
Sr	-0,113	-0,164	0,844	0,227	0,388
Rb	-0,367	-0,655	-0,542	0,266	-0,082
Ba	-0,142	-0,072	0,068	0,087	0,899
La	0,548	-0,015	0,107	0,115	0,027
Ga	-0,120	-0,381	0,457	-0,269	-0,010
Sn	0,557	0,035	0,071	-0,229	0,028
Nb	0,786	0,008	-0,079	-0,019	0,209
SiO2	-0,256	-0,789	0,275	-0,054	-0,221
Al2O3	-0,432	0,499	-0,559	-0,195	0,213
Fe2O3	0,524	0,675	0,303	-0,177	0,131
TiO2	-0,072	0,422	0,219	-0,210	0,782
MgO	0,561	0,340	-0,156	-0,412	0,075
CaO	0,777	-0,130	0,446	0,042	-0,071
Na2O	-0,213	-0,252	0,789	0,458	0,103
K2O	-0,582	-0,019	-0,733	0,139	-0,020
A.G.	-0,362	-0,781	-0,217	0,391	-0,028
A.F.	0,190	0,124	0,692	-0,493	0,211
L.	-0,006	0,898	-0,070	-0,023	-0,025
A.	0,454	0,642	-0,146	-0,233	-0,150
M.O.	-0,020	-0,293	-0,067	0,923	-0,166
CaCO3	-0,000	0,000	-0,000	-0,000	-0,000
pH(a)	0,720	0,247	0,300	0,171	0,475
pH(c)	0,713	0,176	0,028	0,347	0,376
C.C.	0,860	0,257	-0,074	-0,090	-0,228
Q	-0,571	-0,367	-0,649	0,189	0,030
F	-0,292	-0,698	0,441	0,240	-0,017
Ca	-0,183	-0,278	0,789	-0,236	-0,189
D.	0,528	-0,157	-0,081	-0,374	-0,182
fil.	0,562	0,696	0,139	-0,241	0,010
Fe(o)	0,388	0,391	0,134	0,512	0,025
Fe(d)	0,096	0,853	-0,234	-0,155	0,023
Al(o)	-0,018	-0,318	-0,444	0,032	-0,077
% Varian.	20.20	17.93	13.37	11.83	10.53
% Varian. acumulada	20.20	38.13	51.50	63.33	73.86

dependencia muy directa los elementos Mn, Zn y Nb. Con una carga cercana pero menor a 0,65 están en este factor: Cu, %MgO y Sn, significando que tienen una incidencia mínima en el sistema o mucho menor que los anteriores.

El factor 2 se puede interpretar como un factor de textura, al que contribuyen con signo positivo: %Limo, %Filosilicatos, Fe(d) y %Fe₂O₃; con signo negativo: %SiO₂, %A.G.; %Feld. y Rb; muy cercano a la puntuación 0,65 está el porcentaje de arcilla, esto es debido a la pequeña proporción de dicha fracción en este grupo de perfiles. También se expresa aquí la dependencia del Rb del resto de los parámetros, sobre todo de la arena gruesa y los feldespatos, así como del Fe₂O₃ y los filosilicatos.

El factor 3 es un factor con características intermedias entre los otros dos, del que dependen Sr, %Na₂O, %Calcita, %A.F., %Q, %K₂O y Pb, siendo las tres últimas variables de signo negativo y opuestas, en cierta forma, a la basicidad representada por las otras cuatro. El %Al₂O₃ ubicado en este factor no contribuye demasiado dada su baja carga.

El factor 4 es fundamentalmente orgánico, está formado por la materia orgánica, que presenta una carga alta y diferenciada del resto de las variables mucho menores, por lo que no se observa relación con otros

parámetros en este factor, lo que justifica una relación de la M.O. con todos o bien una independencia total. Ciertamente, en la distribución en factores sin aplicar la rotación, su contribución estaba en el primer factor.

El factor 5 contempla los parámetros: Ba, Zr, %TiO₂ que se podría justificar por la existencia de algún mineral donde se interrelacionen las tres variables.

Estos cinco factores explican el 75,86% de la varianza total, los factores 6, 7, 8 y 9 sólo contribuyen con una variable individual y con cargas no muy altas, Cd (factor 6); Y (factor 7); %Dolom. (factor 8) y Al(o) (factor 9), concordantes con las pequeñas proporciones detectadas (Cd y Dolomita). Estos no se expresan en la tabla X-5 por razones de simplificación.

En las figuras 92 a y b se representan los factores 1 (eje X) frente a los factores 2 y 3 (eje Y), respectivamente, pudiéndose ver más claramente la asociación y la dependencia entre ellos. Con carácter general se puede decir que un acercamiento del punto (parámetro) al origen de coordenadas implica una mínima puntuación y por tanto una contribución baja, el acercamiento a uno de los ejes da idea de una contribución pequeña de la variable tratada en el factor correspondiente y, por último, un punto situado en una zona +- del sistema

IV. CONCLUSIONES

de ejes, indica una relación inversa entre los factores para esa variable.

En la tabla XI-5 se presentan las puntuaciones en cada factor para cada caso (muestra), en las que se ha tenido en cuenta, como es lógico, las variables que afectan a cada uno de los factores.

En las figuras 93 y 94 se representan las puntuaciones de un factor frente a otro. En la primera de ellas se observa una agrupación de la mayoría de las muestras con las excepciones de 15 y 16 (perfil SG-5) debido al pH más elevado de la misma y por otro lado 17, 18 y 19 (perfil AG-11) con valores superiores en la fracción limo.

En la figura 94 se puede apreciar nuevamente que las muestras 15 y 16 se apartan del conjunto por las razones citadas anteriormente, respecto al resto no se distinguen agrupaciones netamente diferenciadas.

TABLA. XI-5 .- PUNTUACIONES DE LOS FACTORES EN LAS MUESTRAS DE SUELOS SOBRE GRANITOS.

MUESTRAS	n.	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5
SG-3 Ao	1	-0,627	-1,232	-1,252	1,258	-1,117
A1	2	-0,373	-1,921	-1,472	0,790	-0,739
B	3	-0,678	-1,293	-1,153	-0,373	-0,304
SG-4 A1	4	0,262	-0,585	-0,470	0,669	2,552
B1	5	-0,336	-0,012	-0,118	-0,248	2,104
B2	6	-0,219	0,032	-0,237	-0,598	1,785
BC	7	-0,386	0,375	-0,239	-0,476	0,654
SG-6 Ap	8	0,067	-1,223	1,604	-0,360	-0,213
A3	9	-0,603	-0,442	1,796	-0,473	-0,450
B2t	10	-0,304	0,332	1,070	-0,126	-0,032
B3	11	-0,321	-0,313	1,033	-0,483	-0,491
C	12	-0,522	-0,388	1,236	-0,707	-0,456
SG-5 Ao	13	0,613	0,729	0,925	2,957	-0,281
A1	14	0,835	0,494	0,859	1,430	0,002
B2t	15	2,871	0,764	-0,807	-0,203	-0,237
B3t	16	2,244	-0,667	-0,342	-1,588	-0,773
AG-11 A	17	-0,794	1,600	-0,860	0,244	-0,440
B21tg	18	-1,169	1,500	-0,775	-0,366	-0,509
B22tg	19	-0,661	1,594	-0,515	-0,626	-0,768
C	20	0,103	0,655	-0,283	-0,722	-0,287

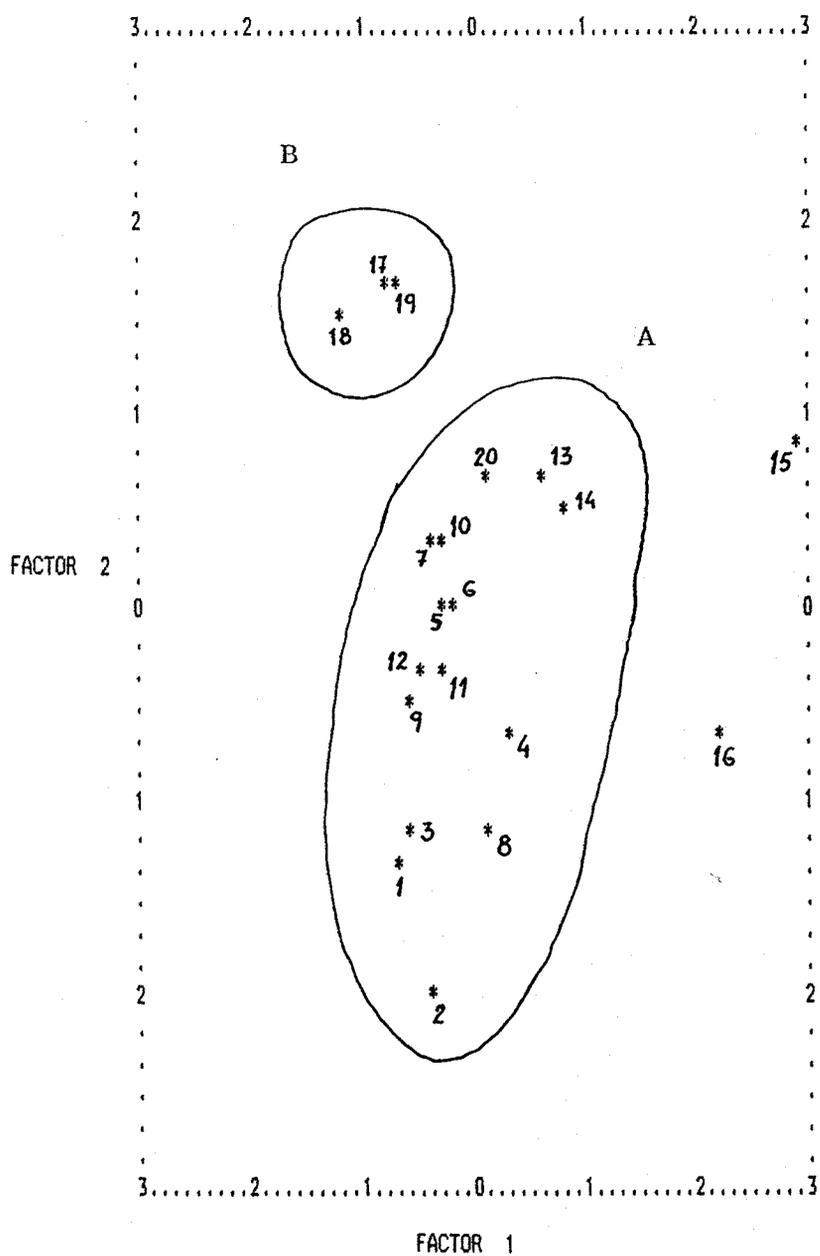


Fig. 93.- Representación de las puntuaciones del factor 1 (eje X) respecto al 2 (eje Y) en las muestras de suelos sobre granitos.

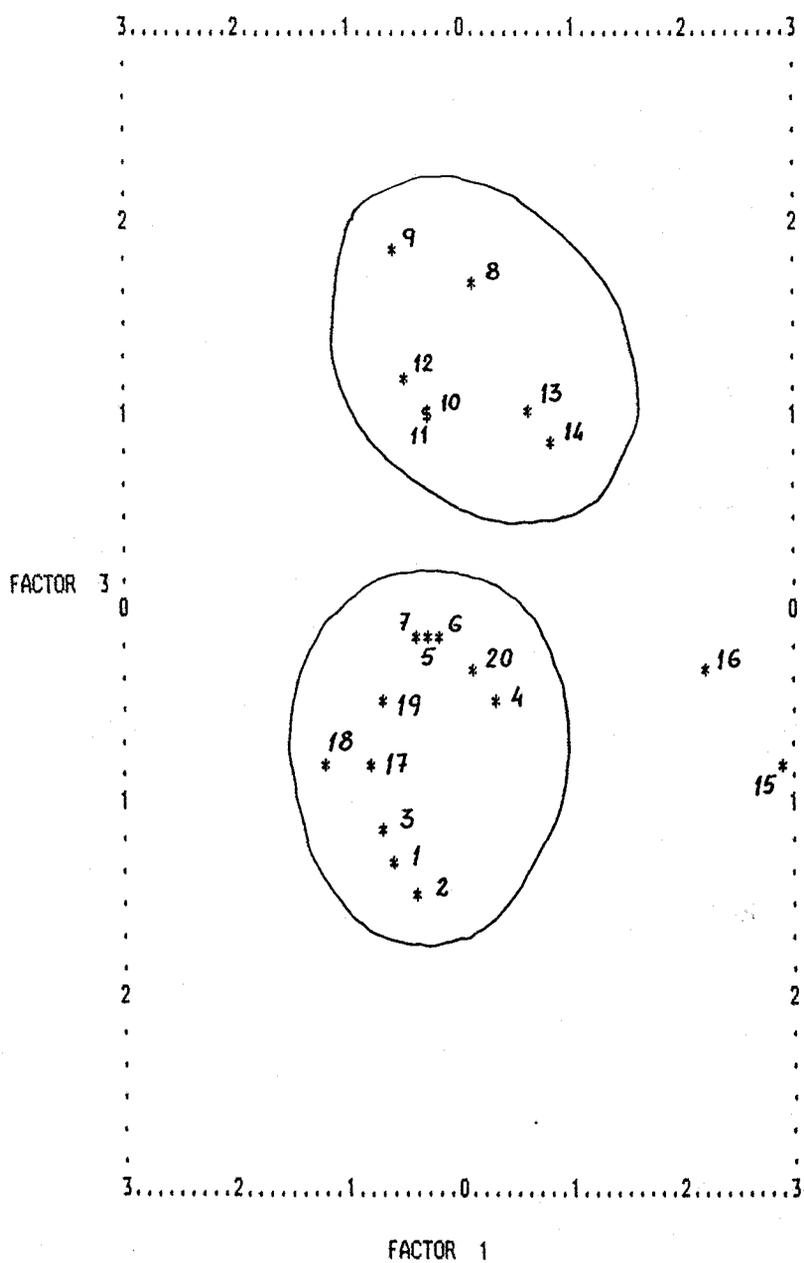


Fig. 94.- Representación de las puntuaciones del factor 1 (eje X) respecto al 3 (eje Y) en las muestras de suelos sobre granitos.

III.2.6. ESTUDIO ESTADISTICO DE LOS PARAMETROS ANALIZADOS EN PERFILES DE SUELOS SOBRE VULCANITAS.

Partiendo de los datos principales obtenidos en los dos perfiles de suelo AR-10 (Lithic ruptic-xerorthentic xerochrepts) y SV-7 (Typic xerochrepts), se ha realizado una matriz de 42 columnas correspondientes a cada uno de los parámetros analizados, con 5 filas, pertenecientes a cada uno de los casos (horizontes o muestras).

Los parámetros utilizados en este estudio son los mismos del grupo anterior, no incluyendo datos de las minerales de la arcilla por las mismas razones expuestas en dicho grupo.

A partir de la matriz de datos formada se ha obtenido la matriz de correlación (42x42), calculando los coeficientes "r de Pearson" y escogiendo como más significativas las de 90%, 95%, 99% y 99,9%, así como el signo de la pendiente de la recta de regresión que da el sentido de la relación entre los pares de variables correlacionadas (tabla VIII-6, expuesta en el apartado III.1.6.).

A partir de la matriz de correlación se realizó un análisis factorial mediante un tratamiento informático, utilizando el paquete estadístico BMDP. Se agruparon las

variables en una serie de componentes principales persiguiendo el mismo objetivo que en los grupos anteriores, la simplificación en la dimensionalidad del sistema entre otros. Se han obtenido los valores propios y los porcentajes de varianza para cada una de las componentes, así como los valores acumulados de esta varianza, presentando los 5 primeros en la tabla IX-6.

Según la tabla anterior se observa una gran acumulación de la varianza en el primer factor (denominado hasta ahora componente principal) y que junto al segundo llegan a explicar hasta el 86,38% de la varianza total. Esta acumulación supone que en estos dos factores y sobre todo en el primero están incluidas la mayoría de las variables, dado que son dos perfiles únicamente y a pesar de tener el mismo sustrato volcánico existe una gran diferencia entre ellos, siendo necesario muchas variables para explicar la relación de todas ellas. Lo anteriormente comentado, suele ocurrir cuando se trata de explicar correlaciones con poco número de datos, que a pesar de aparentar una alta relación entre todas ellas, realmente, hay que interpretarlo como una necesidad de mayor número de variables para explicar la relación de un corto número de casos. Hay que tener en cuenta pues que la tendencia a un sólo factor desvirtúa lo que realmente se trata, de una factorización de las variables.

TABLA IX-6.-VALORES PROPIOS Y PORCENTAJES DE VARIANZA EXPLICADA.

FACTOR n.	VALOR PROPIO	% VARIAN	% VARIAN. ACUMULADA
1	31.944	69.44	69.44
2	7.790	16.94	86.38
3	4.184	9.09	95.47
4	2.082	4.53	100.00
5	0.000	0.00	100.00

El criterio seguido para la elección del número óptimo de componentes principales ha sido el de tener valores propios superiores a la unidad, de esta forma se obtiene una distribución de las variables en cuatro factores, explicando el 100% de la varianza.

Con objeto de maximizar la varianza explicada en cada uno de los factores y por tanto una mejor asignación de las variables, los 4 factores principales se sometieron a una rotación ortogonal, siguiendo el criterio Varimax, que ajusta los coeficientes factoriales a 0, +1 y -1. Las cargas de los factores ajustadas se presentan en la tabla X-6, cuyos valores oscilan prácticamente entre +1 y -1, representando el valor relativo de la contribución de cada variable en cada uno de los factores.

En la misma tabla anterior, se pueden ver los

nuevos porcentajes de varianza explicada para cada factor, siendo ahora para el primero de 67,96%, mientras que anteriormente era de 69,44%, solamente en el segundo factor hay un aumento, pasando a explicar el 17,93%, siendo anteriormente de 16,94%.

La asignación de los distintos parámetros a cada uno de los factores se ha hecho en base a la mayor carga, sin ningun otro condicionante, puesto que habría que fijar el límite de carga muy alto para poder simplificar variables, fundamentalmente en el primer factor, mientras que en el resto de los factores no sería necesaria.

Según lo anteriormente dicho, el primer factor agrupa las variables de textura, pH, mineralogía, óxidos extraídos, elementos mayoritarios y casi todos los minoritarios.

El factor 2 es un factor orgánico, dadas las altas cargas que presentan los parámetros ligados a este término y engloba la M.O., capacidad de cambio catiónica y los elementos Cu y Zr, este último con significación contraria al resto de las variables del grupo.

El factor 3 tiene Sn y La, estos elementos presentan una cierta independencia frente a las demás variables, así como el Cd, única variable que se puede asignar al factor 4 y con una cierta relación positiva con el elemento Ba.

TABLA. X-6 .-CARGAS FACTORIALES DE LAS COMPONENTES ROTADAS Y % DE VARIANZA EXPLICADA

VARIAB.	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4
Mn	<u>0,929</u>	-0,057	-0,342	0,127
Zn	<u>0,995</u>	-0,081	-0,013	-0,063
Cu	<u>0,121</u>	<u>0,960</u>	-0,126	-0,221
Ni	<u>0,960</u>	-0,068	-0,142	0,232
Co	<u>0,947</u>	-0,109	-0,299	0,050
Cd	<u>0,292</u>	0,049	-0,103	<u>0,950</u>
Pb	<u>0,716</u>	0,672	0,173	-0,075
Cr	<u>0,906</u>	-0,103	-0,383	0,147
Zr	<u>0,434</u>	-0,759	0,457	0,162
Y	-0,966	<u>0,172</u>	0,170	-0,086
Sr	<u>0,963</u>	-0,120	-0,148	0,191
Rb	-0,992	-0,048	0,085	-0,084
Ba	-0,673	0,440	-0,206	0,558
La	<u>0,684</u>	0,062	-0,727	0,001
Ga	<u>0,931</u>	-0,229	<u>0,263</u>	-0,105
Sn	-0,190	0,221	<u>0,842</u>	-0,454
Nb	<u>0,989</u>	0,046	<u>0,036</u>	-0,137
SiO2	-0,994	0,012	0,013	0,110
Al2O3	<u>0,953</u>	-0,152	0,081	-0,248
Fe2O3	<u>0,974</u>	-0,193	-0,106	-0,052
TiO2	<u>0,975</u>	-0,186	-0,015	0,120
MgO	<u>0,964</u>	-0,120	-0,235	-0,027
CaO	<u>0,955</u>	-0,096	-0,279	0,003
Na2O	<u>0,914</u>	-0,405	0,023	0,028
K2O	-0,981	-0,179	0,079	0,006
A.G.	-0,778	-0,180	-0,601	-0,002
A.F.	<u>0,865</u>	0,349	-0,005	-0,360
L.	-0,824	0,047	0,564	0,016
A.	<u>0,968</u>	-0,109	0,010	0,224
M.O.	-0,241	0,949	0,126	0,159
CaCO3	0,000	0,000	0,000	0,000
pH(a)	<u>0,945</u>	-0,282	-0,133	-0,098
pH(s)	<u>0,985</u>	-0,151	-0,083	-0,027
C.C.	<u>0,623</u>	<u>0,777</u>	0,009	-0,090
Q	-0,616	<u>0,593</u>	0,320	-0,408
F	<u>0,967</u>	-0,139	0,196	0,082
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000
D	0,000	0,000	0,000	0,000
filo.	-0,936	-0,043	-0,346	0,047
Fe(o)	<u>0,931</u>	-0,183	0,272	-0,159
Fe(d)	<u>0,918</u>	-0,134	-0,373	-0,034
Al(o)	<u>0,981</u>	-0,081	0,174	0,009
% Varian.	67.96	17.93	8.06	6.04
% Varian. acumulada	67.96	85.89	93.95	99.99

Los 4 factores explican prácticamente el 100% de la varianza.

En las figuras 95 a y b se presentan los factores 1 (eje X) frente a los factores 2 y 3 (eje Y), pudiéndose ver más claramente la asociación y dependencia entre ellos.

En la tabla XI-6 se representan las puntuaciones en cada factor para cada caso, construidas a partir del grupo de variables que afectan a cada uno de los factores. En el primero se observa claramente, en cuanto a las puntuaciones, la diferencia de los casos 1 y 2 correspondientes al perfil AG-10 frente a los tres últimos del perfil SV-7 no siendo así en los demás factores.

Con objeto de una mayor claridad se representa un factor frente a otro en las figuras 96 y 97, dando lugar a las asociaciones de muestras coincidentes con los respectivos perfiles.

En la primera figura se observa una mayor agrupación de las muestras correspondientes al perfil SV-7, mientras que en la figura 97 son las muestras correspondientes al perfil AG-10 las que tienen una mayor similitud.

Se confirma así la dependencia en la evolución de una serie de variables fundamentales que llevan el peso de las variaciones y transformaciones en los suelos.

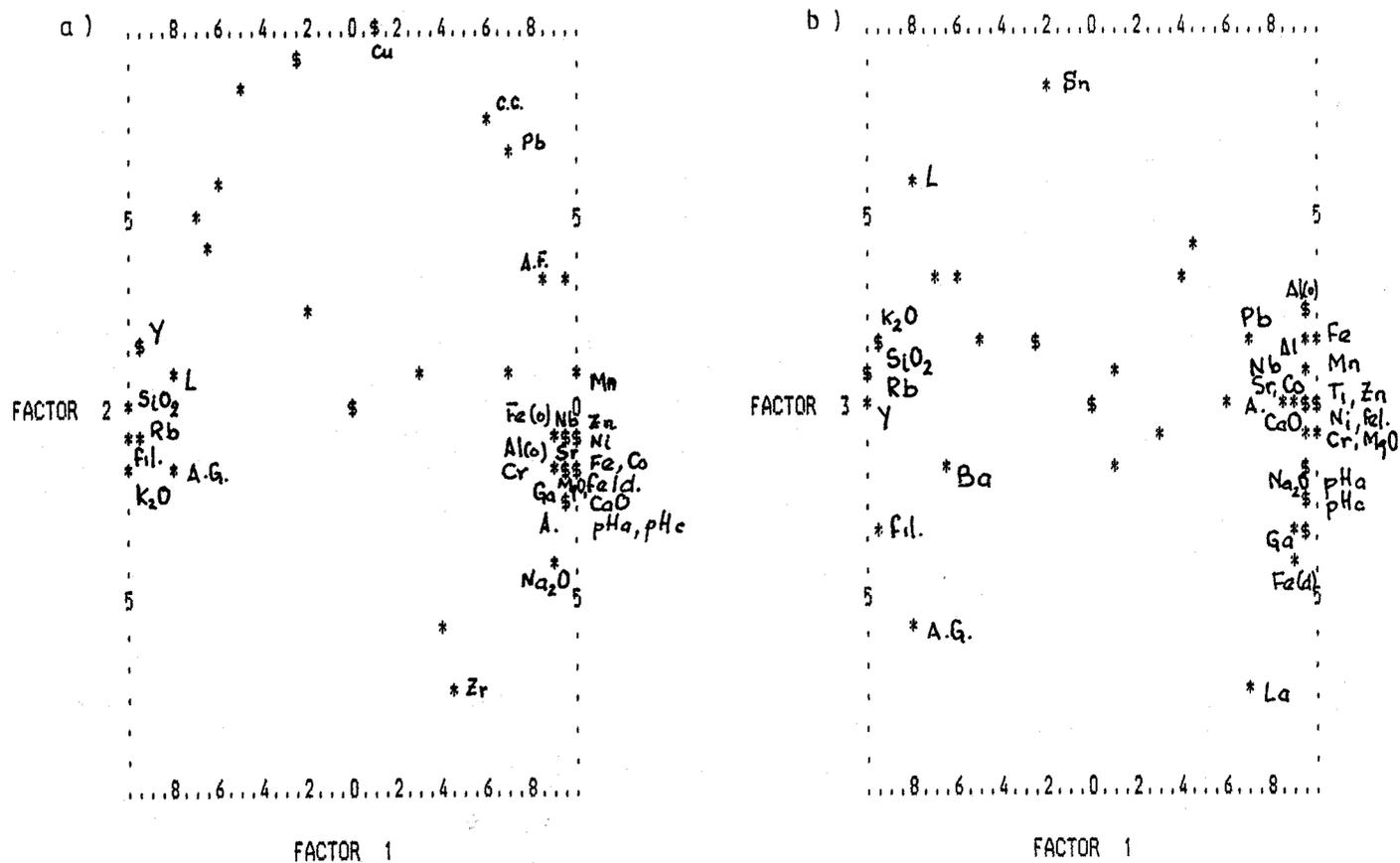


Fig. 95.- Diagrama de dispersión de las variables: a) del factor 1 (eje X) frente al 2 (eje Y); b) del factor 1 (eje X) frente al 3 (eje Y). (Grupo de perfiles sobre vulcanitas).

TABLA. XI-6.- PUNTUACIONES DE LOS FACTORES EN LAS MUESTRAS DE SUELO SOBRE VULCANITAS.

MUESTRAS	n.	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4
AR-10 A1	1	-0,772	1,553	0,341	-0,276
A3	2	-1,335	-1,190	0,055	0,007
SV-7 Ap	3	0,523	0,087	-0,185	1,699
B	4	0,575	-0,046	-1,489	-0,807
BC	5	1,009	-0,404	1,277	-0,622

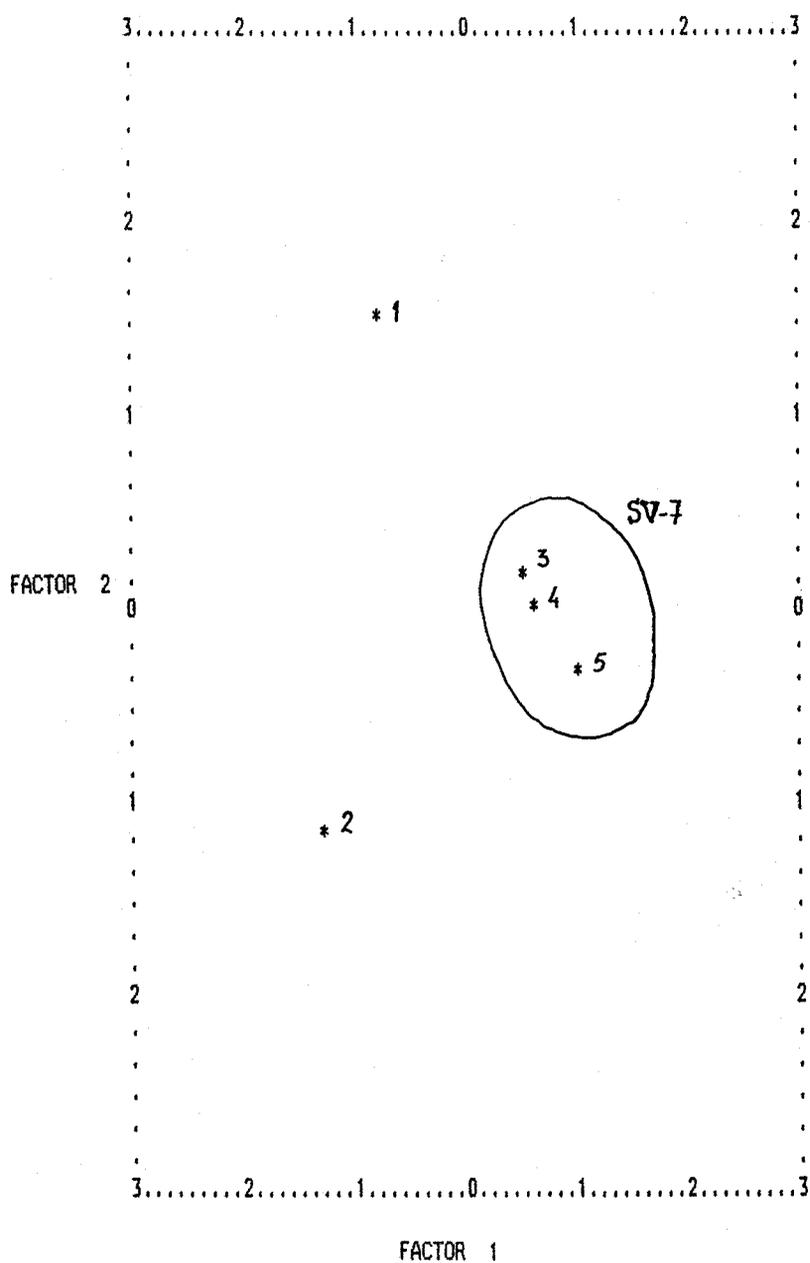


Fig. 96.- Representación de las puntuaciones del factor 1 (eje X) respecto al 2 (eje Y) en las muestras de suelos sobre vulcanitas.

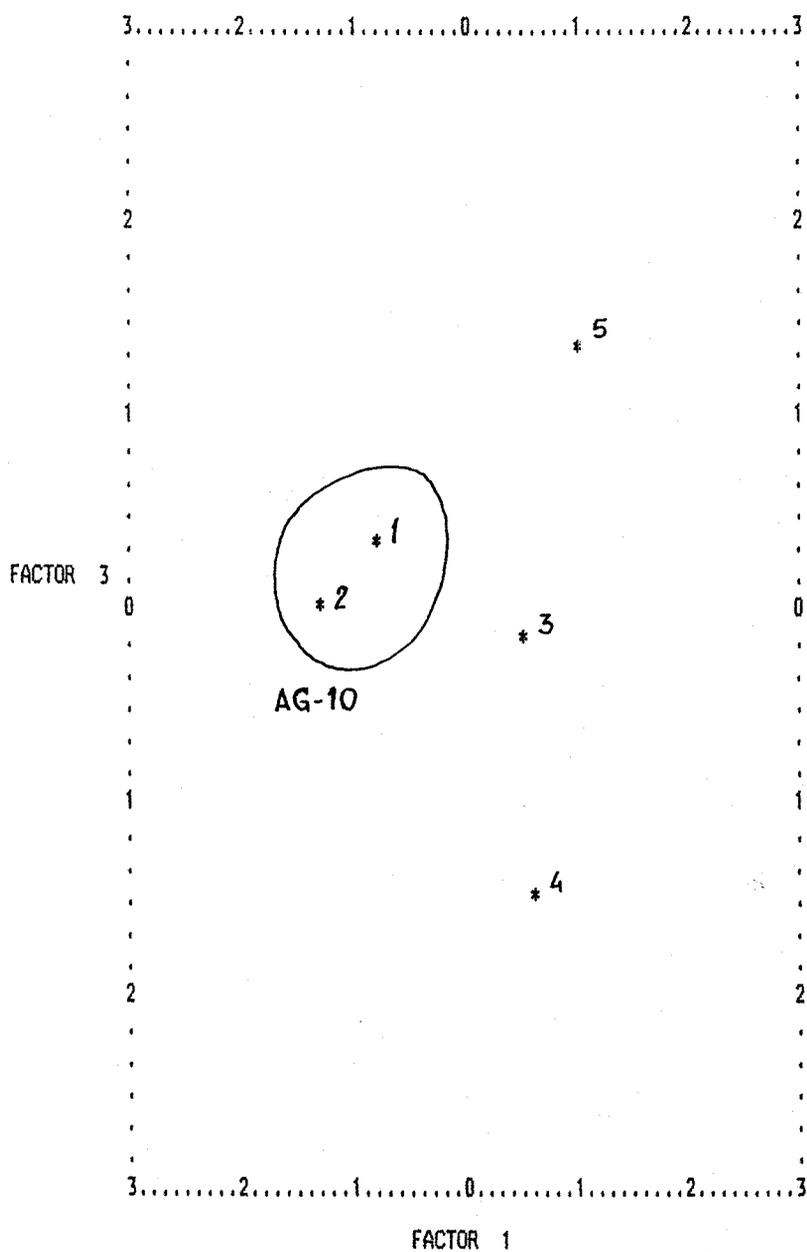


Fig. 97.- Representación de las puntuaciones del factor 1 (eje X) respecto al 3 (eje Y) en las muestras de suelos sobre vulcanitas.

IV. DISCUSSION GENERAL.

Expuestos los datos experimentales y discutidos los aspectos más importantes sobre los mismos en los capítulos anteriores, parece necesario hacer algunas consideraciones generales sobre los puntos más destacados que puedan conducir a efectuar una síntesis sobre el contenido, distribución de los elementos mayoritarios y minoritarios en los distintos horizontes de los perfiles de suelos estudiados y sus relaciones con las propiedades físico-químicas más importantes de ellos.

Desde el punto de vista geológico, la Provincia de Huelva se ha dividido en tres grandes zonas diferenciadas: a) La Sierra, Comarca más al norte, donde se encuentran los materiales más antiguos, pertenecientes al Cámbrico y donde se observan dos tipos de formaciones unas volcánicas y otras de origen sedimentario.

Las formaciones hipogénicas de esta zona están constituidas por granitos, dioritas y vulcanitas. Las sedimentarias por calizas y pizarras. En el resto de la

superficie comarcal predominan pizarras arcillosas del post-cámbrico sobre otras del devónico superior.

b) La Comarca del Andévalo, en su parte occidental, pertenece casi totalmente al periodo carbonífero, con formaciones de pizarras. También aparecen, en otras zonas, formaciones pizarrosas del devónico superior donde afloran riolitas y doleritas.

La parte oriental de esta Comarca puede considerarse una prolongación de la occidental, aunque con predominio de las vulcanitas.

c) En la Comarca Campiña-litoral, se reparten de norte a sur las unidades fisiográficas siguientes: El Macizo Hercínico, la Depresión Bética, el Plioceno Continental y las Marismas. El Macizo Hercínico constituido por materiales del paleozoico. La estratificación de la Depresión Bética se inicia en los depósitos del Herveciense y continúa el relleno de los depósitos de margas azules del Tortoniense. Los niveles del Tortoniense superior se yuxtaponen con los depósitos de arenas y areniscas, más o menos margosas y con elementos calizos.

El Plioceno Continental, constituye un enorme glacis de depósitos sobre arenas del Saheliense. TERRERO (1952) data este glacis en el Cuaternario y lo califica

como diluvial. Trabajos más recientes de hidrogeólogos de la FAO han permitido localizar la extensión de tales terrenos. En los cursos de algunos arroyos estos depósitos pliocénicos han sido arrastrados, apareciendo los depósitos del Saheliense de arenas y areniscas más o menos calcáreas.

Entre el conjunto de materiales litológicos representados en las zona se han seleccionado los siguientes suelos: suelos desarrollados sobre areniscas, arenosos y sedimentos arcillo-arenosos, sobre calizas y margas, sobre pizarras y sobre vulcanitas, siendo el material original la característica que se ha tenido en cuenta para agrupar los 29 perfiles de suelos que se estudian en este trabajo.

En la diferenciación de los distintos horizontes del perfil de un suelo la meteorización de la roca subyacente tiene una influencia fundamental, en la que intervienen una serie de factores ambientales junto con agentes externos climáticos y meteorológicos.

Anteriormente, en el capítulo II.1, se han expuesto algunos datos medio-ambientales medios de cuatro estaciones representativas de la Provincia: Aracena (zona de La Sierra), Cabeza Rubias (zona del Andévalo), El Abalario y Huelva (zona de la Campiña-litoral). Dichos datos fueron comentados a través de histogramas de

frecuencias de pluviosidad y diagramas de termoyetas, además de la confección de diversos mapas de isolíneas de altitud e isoyetas (figuras 9, 10, 11 y 12). Estas representaciones indican un aumento gradual de la altitud hacia el norte de la Provincia unido a una mayor abundancia en las precipitaciones y por tanto, en este mismo sentido, con periodos más cortos de sequías. Como resumen y teniendo en cuenta el índice de Thornthwite, se puede afirmar que existe un clima diferenciado por comarcas: al norte (La Sierra) subtropical, al sur (Campaña-litoral) mediterráneo marítimo, ambos separados por un clima templado en el Andévalo como zona de separación entre las anteriores.

Como se indicó anteriormente por los resultados obtenidos y expresados en las tablas I, II, III y IV, para cada uno de los perfiles seleccionados en este trabajo, las características físico-químicas encontradas en los diferentes grupos de suelos son las siguientes:

A) Los suelos desarrollados sobre areniscas contienen carbonatos en dos de los cuatro perfiles CE-15 (Haploxeralf cálcico) y CE-16 (Xerochrept calcixerólico), variando desde 3% hasta 55% con valores más altos en los horizontes más profundos. La materia orgánica en estos perfiles no se puede considerar alta (0,3% a 3,3%), correspondiendo los más abundantes a los horizontes

superficiales y sin sobrepasar el 1% en la mayoría de las muestras. En los perfiles calizos de este grupo, el pH oscila entre 7,8 y 8,2, con valores de 4,6 a 6,4 en los otros dos, CE-17 (Haploxeralf) y CE-19 (Fragixeralf).

Los perfiles que forman este grupo, casi con carácter general, tienen proporciones que se pueden considerar altas de las fracciones arena fina y arcilla en los horizontes intermedios. Los filosilicatos son los minerales predominantes, según la estimación semicuantitativa, excepto en los horizontes más profundos de los dos perfiles calizos donde el mineral calcita sobrepasa el 50%. La capacidad de cambio para estos suelos se puede considerar media.

De las correlaciones establecidas en la tabla VIII-1 (pág 233) para estas variables entre sí, no se pueden destacar relaciones con alta significación excepto las establecidas con signo positivo del pH con la fracción arena fina, carbonatos y capacidad de cambio, y negativa con la fracción arena gruesa.

Por el estudio estadístico multivariante realizado se pueden confirmar las relaciones anteriormente citadas así como una clara desvinculación del carácter arcilloso y alcalino, aunque con una tendencia de las muestras más calizas hacia valores menos arcillosos. El pH

junto con la fracción arenosa (gruesa y fina) son los parámetros más diferenciadores de los horizontes de este grupo como se puede ver en la figura 81, obtenida según la representación de las puntuaciones de los factores para cada una de las muestras dadas en la tabla XI-1.

B) Los suelos arenosos y sedimentos arcillo-arenosos agrupan a diez perfiles cinco Haploxeralf, dos Xeropsamment, uno Quartzipsamment, uno Xerofluvent y uno Palexeralf. Solamente contienen carbonatos en algunos de los horizontes en perfiles de sedimentos, con valores generalmente bajos, aunque se puede destacar el carácter singular en uno de los horizontes intermedios del perfil CS-14 (tabla I-9), con un 12% en CaCO_3 , debido a una acumulación con lavado impedido y de acuerdo con el valor de 23% en calcita (tabla IV-2) según la estimación semicuantitativa obtenida por difracción de rayos X (fig 29), existiendo además una acumulación de la fracción más fina en este horizonte. Se comprueba por la descripción de este perfil la existencia de nódulos calizo en el horizonte citado.

El pH para todos los perfiles de este grupo varía en torno a 7 con algunos horizontes de carácter ácido, sobre todo los B. La materia orgánica solamente presenta valores importantes en el perfil CS-14 con un 7%

en su horizonte más superficial además de otros valores destacados en este mismo perfil. En cuanto a la textura, predomina la fracción arena gruesa con valores hasta del 90% y siendo el limo en casi todos los perfiles la fracción que tiene una menor proporción.

Para estos suelos, los filosilicatos tienen una abundancia superior en los perfiles de sedimentos y en aquellos horizontes donde es más destacada la fracción arcilla, superando en algunos casos el 80%, mientras que en los perfiles fundamentalmente arenosos en los que se observa la misma relación de los filosilicatos con la fracción arcilla, no alcanzan valores tan altos. Por otra parte, en los perfiles con bajos contenidos de estos minerales el cuarzo alcanza casi la exclusividad en la mineralogía de ellos.

De las correlaciones establecidas de estos parámetros entre sí, dadas en la tabla VIII-2 (pag. 315) se pueden destacar las de carbonatos, calcita y CaO con la fracción limo de signo positivo, justificando así la presencia de materiales calcáreos en esta fracción. También con significación muy alta se pueden destacar correlaciones negativas del cuarzo con los filosilicatos y con la arcilla, que argumenta de alguna manera la mayor abundancia de los distintos minerales en sus correspondientes fracciones usuales del suelo.

Esta diferenciación se puede observar igualmente en el análisis factorial realizado para este grupo de perfiles, la tabla X-2 agrupa en el mismo factor los parámetros anteriormente relacionados, también la figura 83 es indicativa al respecto y, sobre todo, la figura 84 que separa y gradúa a la vez el carácter más o menos arenoso y más o menos arcilloso de las distintas muestras.

C) Los suelos sobre calizas y margas se corresponden con cinco perfiles: dos Xerochrept, uno Chromoxerert, uno Xerorthent y uno Haploxeralf. A excepción de este último, cuyo sustrato es una caliza dura y como corresponde a su propia naturaleza no contiene carbonatos en sus horizontes, el resto presentan contenidos entre 4,9 y 53% acumulándose en los horizontes inferiores. Se observa según la tabla X-3 del análisis factorial realizado una estrecha relación de los carbonatos y la fracción limo conjuntamente agrupados en el factor 3 y con altas cargas.

El pH para estos suelos varía entre 6,7 y 8,2, correspondiendo los valores más bajos al perfil anteriormente citado. También este mismo perfil presenta los valores más altos en materia orgánica y en su horizonte superficial (2%), por lo que en general todo el grupo tiene valores considerablemente bajos.

En todos los perfiles de este grupo de suelos (sobre calizas y margas) predomina, en cuanto a la textura, la fracción más arcillosa disminuyendo con la profundidad y altermándose entre dichos perfiles valores igualmente altos en arena fina y limo. Solamente el perfil CC-27 sobre caliza dura tiene un valor aceptable de arena gruesa que concuerda con las características propias de este perfil.

La capacidad de cambio también presenta los valores más altos en el perfil con una mayor proporción de arcilla y filosilicatos, de hecho su relación también se hace notar en la tabla X-3 en la que estas variables se agrupan en el mismo factor 1 con cargas importantes, dejando constancia de la gran incidencia de estos parámetros (arcilla, filosilicatos y C.C.) en el grupo. Asimismo los filosilicatos son los predominantes y con valores de calcita puntualmente altos en algunos horizontes. En dos de los perfiles (CM-21 y CM-18), se observa la presencia de dolomita, según los diagramas obtenidos por difracción de rayos X.

De las correlaciones que se pueden establecer entre estos parámetros físico-químicos, presentadas en la tabla VIII-3 (pag. 361), caben destacar como más significativa de signo positivo la de carbonatos-limo, arcilla-C.C., filosilicatos-C.C. y feldespatos-arena fina, con signo negativo filosilicatos-calcita y filosilicatos-

carbonatos, además de otras correlaciones de menor significación que apoyan estas relaciones, indicando como en anteriores grupos, la estrecha relación de los materiales calcáreos con la fracción limo. Asimismo, estos parámetros se encuentran agrupados en el factor 3 con altas cargas, según la tabla X-3, como resultado del análisis factorial realizado.

Las figuras 87 y 88 diferencian claramente las agrupaciones de muestras en función de las factores 1 (C.C.-arcilla) frente al 2 (pH-fracción gruesa), destacándose en la primera las dos muestras 14 y 15 correspondientes a los horizontes del perfil sobre caliza dura con un pH más bajo que el resto, así como la agrupación 1, 2 y 3, de las muestras más arcillosas del perfil CM-20. En la figura 88, se sigue observando la misma agrupación 1, 2 y 3 y separadamente la 5 y 6, esta última de acuerdo con los horizontes de proporciones en carbonatos más bajos, a diferencia de la muestra 4 que ostenta el valor más alto del grupo de contenidos en carbonatos y en la fracción limo.

D) Los suelos desarrollados sobre pizarras, agrupan a tres perfiles: un Xerochrept, un Palexeralf y un Haploxeralf. No se ha detectado en ninguno de ellos la presencia de carbonatos. Variando el pH de ácido a

moderadamente ácido (entre 4,6 y 6) y siendo bastante uniforme en cada uno de los perfiles.

En estos suelos se ha encontrado una acumulación muy notable de materia orgánica, sobre todo en los horizontes superficiales (hasta del 7,4%). Asimismo, se ha encontrado acumulaciones de arcilla en otros horizontes, que se corresponde con proporciones de filosilicatos en torno al 90% además de una alta capacidad de cambio. Así pues los minerales filíticos predominan en la mineralogía y con presencia aunque escasa de feldespatos.

De las correlaciones entre los parámetros físico-químicos (tabla VIII-4, pag. 393) destacan como más significativas y positivas: cuarzo-arena gruesa, cuarzo-arena fina, M.O.-arena fina y filosilicatos-arcilla, siendo negativa las de filosilicatos con A.G., A.F. y cuarzo. Estas relaciones se pueden observar más claramente en la figura 89 a y b.

En la figura 90 se agrupan las muestras según las cargas de los factores, donde se destacan las muestras 11 y 12 correspondientes a los dos últimos horizontes del perfil AP-12 que aparecen de forma aislada por los bajos contenidos en arena fina y gruesa, siendo la agrupación A (muestras 5, 6, 7, 8 y 9) correspondientes a los horizontes del perfil SP-2 las que tienen valores más altos de

capacidad de cambio.

E) Los suelos desarrollados sobre granitos están representados por cinco perfiles; dos Xerochrept y tres Haploxeralf. Estos suelos se caracterizan por una acidez moderada a neutro (entre 5,1 y 7), con ausencia por tanto de carbonatos. La materia orgánica presenta valores relativamente altos en el perfil SG-3 y en el horizonte superficial del SG-5, con valores superiores a la unidad en gran parte de los horizontes. Esto puede deberse al régimen de humedad a que están sometidos y a la abundante vegetación de la zona donde están situados.

La arena gruesa es la fracción predominante en los perfiles de este grupo, excepto en algunos horizontes donde existe una acumulación de arcilla, coincidiendo con los valores más destacados de la capacidad de cambio catiónico y a la vez con menor acidez.

Predominan en este grupo los minerales filíticos, con valores altos en feldespatos, sobre todo, en el perfil SG-6 y que a la vez presenta indicios de calcita.

En la tabla VIII-5 (pag. 431), las correlaciones más significativas son de M.O. y feldespatos con arena gruesa, C.C.-arcilla, C.C.-filosilicatos, calcita-feldespatos y arcilla-filosilicatos, todas ellas de signo positivo. Las de arcilla, filosilicatos y capacidad de

cambio con arena gruesa y cuarzo además de los feldespatos con limo, de signo negativo. Pudiéndose deducir de ello la acumulación de feldespatos en la fracción más gruesa además de otras relaciones usuales entre estos parámetros.

En la fig. 94 se representan las puntuaciones de los factores 1 y 3 en las muestras (factores de capacidad de cambio-pH frente al factor de textura arena fina), con una diferencia clara de los dos grupos en cuanto a la textura y de dos muestras aisladas que se corresponden con las de mayor C.C. y pH.

F) Los suelos desarrollados sobre vulcanitas lo forman dos perfiles Xerochrept muy diferenciados, destacando la mayor acidez del perfil AR-10 con un valor medio de 4,7 y siendo algo más moderado en el SV-7. La materia orgánica tiene valores destacados (6,2% en AR-10 y 3,2% en SV-7) en los horizontes superficiales de los dos perfiles. La fracción limo es la que predomina en ambos, con valores de feldespatos igualmente altos.

Las correlaciones existentes en este grupo se deben tomar con una cierta cautela dado el corto número de datos disponibles, destacando entre otras muy significativas y negativas la de filosilicatos con arcilla, positivas de feldespatos-arcilla, además de filosilicatos y arena gruesa, lo que no corresponde con la

generalidad y por tanto atendiendo a lo anteriormente dicho poco fiables.

Según el análisis factorial realizado y como se observa en la tabla X-6, se presentan acumulados en el primer factor la mayoría de las variables, indicativo de lo anteriormente comentado. A pesar de ello, las figuras 96 y 97 presentan una distinción de los dos perfiles según las características propias de los factores representados, indicativo también de la validez global del análisis.

En las siguientes líneas se intenta analizar para todos los suelos estudiados los contenidos de los elementos y su relación con las propiedades físico-químicas anteriormente comentadas.

El elemento Si presenta un rango para todos los suelos estudiados suficientemente amplio, según la tabla XII, entre 26 y 97,3 (dados en porcentaje de óxido), variando entre los valores mínimos en el grupo de suelos sobre calizas hasta el de suelos arenosos. El valor medio total 75,63%, únicamente superado por el correspondiente a los perfiles arenosos y sedimentos (87,9%), con una desviación típica pequeña, lo que supone valores cercanos a la media.

En la figura 98 se presenta la distribución de frecuencias de contenidos para este elemento, expresadas en

TABLA. XII

RANGO DE VARIACION, VALORES MEDIOS Y DESVIACIONES TIPICAS DE LOS ELEMENTOS MAYORITARIOS Y MINORITARIOS EN LOS DIFERENTES SUELOS ESTUDIADOS.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Mn	<u>20.4-6240</u> 459.15	<u>34-376.4</u> 139/108	<u>20.4-296</u> 104/70.5	<u>166-1632</u> 487.8/440	<u>24-1848</u> 635.5/642	<u>110.4-6240</u> 1344/1693	<u>46.8-1808</u> 1028.8/825
Zn	<u>4-187.2</u> 39.83	<u>9.2-62</u> 30.9/15	<u>4-29.2</u> 13.2/7.4	<u>40-64.8</u> 52.1/6.5	<u>22.4-187.2</u> 78.9/ 43	<u>22-185.2</u> 60.6/37.9	<u>24-186</u> 111.1/71
Cu	<u>0-221.2</u> 18.04	<u>4.8-221.2</u> 22.8/47.4	<u>0-30.4</u> 6.3/5.5	<u>10.8-54</u> 19.1/11	<u>16.4-88</u> 42.6/27	<u>5.2-53.6</u> 25.3/13.1	<u>11.6-24.4</u> 17.7/4.7
Ni	<u>0-154.4</u> 25.14	<u>9.2-41.6</u> 22.4/9.6	<u>0-35.2</u> 10.9/8.1	<u>20.8-50.4</u> 31.5/9.5	<u>16.8-154.4</u> 52.2/39.7	<u>8-112</u> 40.8/25	<u>7.2-31.8</u> 22.8/13
Co	<u>0-260</u> 16.23	<u>3.2-20.4</u> 9.7/4.8	<u>0-16</u> 5.8/4.8	<u>10.4-28.4</u> 15.7/5.8	<u>8-260</u> 47.5/68	<u>9.2-47.2</u> 25.6/9.4	<u>4.8-48.4</u> 28.6/20.7
Cd	<u>0-2.4</u> 0.1	—	—	<u>0-2.4</u> 0.3/0.8	<u>0-2.4</u> 0.2/0.7	<u>0-2</u> 0.1/0.4	<u>0-2.4</u> 0.4/1
Pb	<u>4-70.4</u> 23.47	<u>7.6-56</u> 24.7/13	<u>0-22.4</u> 13.9/5.7	<u>25.6-50.4</u> 33.9/6.4	<u>9.2-44</u> 29.3/11.2	<u>12-70.4</u> 30.4/16.1	<u>8.8-42</u> 32.3/13.4
Cr	<u>7.6-193.2</u> 49.15	<u>13.6-69.2</u> 37.9/16.9	<u>7.6-72.4</u> 27.1/17.3	<u>42.4-99.2</u> 62.2/18.4	<u>49.6-140</u> 89.1/27.7	<u>7.6-193.2</u> 79.9/50.2	<u>8-773.2</u> 42.6/31
Zr	<u>23-570</u> 192.5	<u>72-380</u> 178.1/99	<u>23-400</u> 173.7/98	<u>93-280</u> 201.5/57	<u>130-570</u> 308.4/144	<u>79-360</u> 163.6/73	<u>220-250</u> 236/11.4
Y	<u>2-71</u> 25.53	<u>10-58</u> 28.9/13	<u>2-55</u> 19.6/9	<u>15-36</u> 23/5.7	<u>30-44</u> 34.2/3.4	<u>34-71</u> 52.6/16.6	<u>29-33</u> 30.6/38
Sr	<u>3-240</u> 61.48	<u>5-65</u> 32.7/19	<u>5-70</u> 27.4/17.3	<u>27-240</u> 138.8/68	<u>3-134</u> 43.2/42	<u>11-230</u> 105.7/76.2	<u>32-169</u> 111/68.7
Rb	<u>10-210</u> 64.23	<u>10-94</u> 55.2/26	<u>19-94</u> 49.1/18	<u>28-110</u> 57.2/28	<u>29-160</u> 114.5/43	<u>36-210</u> 87.2/50.6	<u>21-100</u> 50.4/35.8
Ba	<u>43-930</u> 310.77	<u>110-430</u> 286/100	<u>43-410</u> 216.8/93	<u>46-520</u> 276.4/117	<u>63-930</u> 504.4/290	<u>240-760</u> 434/166	<u>390-470</u> 438/32.7
La	<u>0-49</u> 19.71	<u>4-49</u> 21/13	<u>0-34</u> 13/6.8	<u>13-48</u> 24.2/10.5	<u>16-44</u> 33.7/9.6	<u>5-46</u> 23.9/10	<u>8-44</u> 22.8/14
Ga	<u>8-29</u> 14.75	<u>11-19</u> 14.1/4	<u>8-17</u> 12.1/2.3	<u>12-17</u> 14.4/1.9	<u>15-27</u> 19.7/2.9	<u>15-29</u> 18/3.1	<u>17-19</u> 17.8/0.8

TABLA. XII (cont.)

RANGO DE VARIACION, VALORES MEDIOS Y DESVIACIONES TIPICAS DE LOS ELEMENTOS MAYORITARIOS Y MINORITARIOS EN LOS DIFERENTES SUELOS ESTUDIADOS.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Sn	<u>0-43</u> 14.39	<u>0-37</u> 11/12	<u>0-43</u> 19.5/10	<u>0-43</u> 18/15.3	<u>6-30</u> 16.5/9.1	<u>0-17</u> 5.2/5.5	<u>6-12</u> 11.8/5.7
Nb	<u>28-110</u> 63.15	<u>38-96</u> 62/17.6	<u>28-83</u> 56.7/11.6	<u>35-100</u> 70.8/17	<u>45-98</u> 63.6/18	<u>45-110</u> 67.3/16	<u>59-110</u> 87.2/20.5
SiO ₂	<u>26-97.3</u> 75.63	<u>31.7-90.9</u> 73/15.7	<u>76.3-97.3</u> 87.9/6.4	<u>26.7-79.7</u> 56.6/15.4	<u>50.3-72.3</u> 61.6/8.1	<u>65.4-82.3</u> 74.1/5.1	<u>52-86</u> 67.2/14.3
Al ₂ O ₃	<u>0.8-28</u> 7.98	<u>2.8-14.8</u> 7.7/3	<u>0.8-11.3</u> 4.7/3.1	<u>5.6-13.7</u> 9.4/2.3	<u>11.4-28</u> 18.8/5.6	<u>2.7-15.1</u> 7.8/4.1	<u>3-17.6</u> 9.7/6.1
Fe ₂ O ₃	<u>0.1-13.6</u> 3.44	<u>0.9-6.3</u> 3/1.5	<u>0.1-7.2</u> 1.5/1.5	<u>2.4-5.1</u> 3.7/0.8	<u>3.6-11.7</u> 6.9/2.8	<u>1.1-8.4</u> 4.9/1.9	<u>1.6-13.6</u> 7.9/5.9
TiO ₂	<u>0.2-3.8</u> 0.72	<u>0.3-0.9</u> 0.5/0.2	<u>0.2-1.3</u> 0.5/0.2	<u>0.3-0.9</u> 0.6/0.1	<u>0.5-1.6</u> 1.2/0.4	<u>0.3-1.4</u> 0.8/0.3	<u>0.2-3.9</u> 2.1/1.8
MgO	<u>0-4.1</u> 0.56	<u>0.1-0.7</u> 0.4/0.3	<u>0-0.5</u> 0.2/0.1	<u>0.4-3.1</u> 1.2/0.7	<u>0.3-0.7</u> 0.5/0.1	<u>0.1-4.1</u> 1.1/1	<u>0.1-1.2</u> 0.7/0.5
CaO	<u>0-32.9</u> 3.08	<u>0-32.9</u> 5.6/9.5	<u>0.1-8.7</u> 0.6/1.3	<u>0.71-31.8</u> 12.8/10.3	<u>0.1-0.5</u> 0.2/0.1	<u>0.1-5</u> 1.5/1.3	<u>0.2-1.5</u> 0.9/0.6
Na ₂ O	<u>0.1-3.1</u> 0.53	<u>0-0.4</u> 0.2/0.1	<u>0-0.7</u> 0.2/0.2	<u>0.3-0.5</u> 0.4/0.1	<u>0.1-0.8</u> 0.3/0.2	<u>0.2-2.3</u> 1.3/0.7	<u>1.3-3.1</u> 2.3/0.7
K ₂ O	<u>0.1-3.7</u> 1.23	<u>0.2-1.9</u> 1/0.5	<u>0.1-1.6</u> 0.7/0.3	<u>0.8-1.4</u> 1.2/0.1	<u>0.7-3.8</u> 2.2/1	<u>0.3-3.6</u> 2/1	<u>1.2-2.8</u> 1.8/0.7

a-b ; a=valor inferior del rango; b=valor superior del rango

c/d ; c=valor medio; d=desviación típica

(1)=valores de la totalidad de suelos estudiados.

(2)=suelos de areniscas.

(3)=suelos de arenas y sedimentos.

(4)=suelos sobre calizas y margas.

(5)=suelos sobre pizarras.

(6)=suelos sobre granitos.

(7)=suelos sobre r. volcánicas.

(Excepto el v. medio de (1) todos los demás valores están ajustados a una cifra decimal.)

porcentajes de óxidos. Según se puede observar entre 60% y 98% se encuentran el 84% de la totalidad de muestras estudiadas.

Este elemento está relacionado negativamente con la mayoría de los elementos minoritarios dada su variación inversa a la fracción arcilla donde se acumula la mayoría de ellos. Hay que destacar las correlaciones positivas con las fracciones arena gruesa y fina, feldespatos, caolinita y cuarzo y, en gran parte de los suelos, con los elementos Zr, Pb y a veces Rb, lo que puede demostrar la acumulación de estos elementos en las fracciones más gruesas de la textura.

El aluminio varía entre 0,8% y 28% para el conjunto de todos los suelos, con una media de 7,98% y encontrándose los valores más altos en los suelos desarrollados sobre pizarras con un valor medio para estos de 18,8% y una desviación típica de 5,6. El valor de 28% que presentan estos suelos, es debido a la existencia de un perfil con pirofilita (AP-12) según PEREZ RODRIGUEZ et al. (1990) en estudios realizados en este mismo suelo, y que según MEDINA (1975) es indicativo de metamorfismo por el alto contenido de Al_2O_3 unido a otras características.

Para este elemento, el 75% de las muestras estudiadas en este trabajo se encuentran entre 3 y 15%,

alcanzando el 91% de las muestras si consideramos valores entre 0,8 y 15%.

Para el hierro el rango de variación encontrado está entre 0,1% y 13,6%, con una media de 3,44%, encontrándose los más altos en los perfiles sobre vulcanitas con una media para estos suelos de 7,9%.

El 85% de las muestras están comprendidas entre valores de 0,1% a 6% como se puede deducir de la figura 98.

Ambos elementos aluminio e hierro presentan una dinámica semejante en todos los suelos, aunque con valores casi siempre superiores de aluminio, como se deduce de las figuras 19, 35, 36, 49, 58 y 68 con la sola excepción del perfil AR-10 (fig 75 a). Los valores más bajos para ambos elementos se encuentran en los perfiles arenosos.

A excepción de los perfiles sobre areniscas se han encontrado para el hierro correlaciones positivas de alto orden de significación con Ni, Co y Cr. RECIO et al. (1985) encuentran esta misma asociación en un suelo típico Palexeralf, interpretando este hecho por la vinculación de estos elementos a los óxidos de hierro. Igualmente correlaciones positivas se han encontrado entre Cr y aluminio.

Igualmente para el aluminio, con excepción de los

dos grupos de perfiles más ácidos, existe una estrecha relación positiva de ambos (Fe y Al) con filosilicatos y la proporción de arcilla, siendo esta última la que juega el papel más primordial en el contenido de ambos elementos, acorde con los datos presentados según MOURA y KROONENBERG (1988).

Se ha observado, en los perfiles sobre calizas, correlaciones negativas entre el hierro y los parámetros calcáreos (calcita, carbonatos y CaO), aunque también en otros suelos se detecta una relación opuesta para este elemento y los parámetros de carácter silíceos (silicio, cuarzo y las fracciones arenas).

Se puede destacar también para Fe y Al correlaciones significativas con otros elementos minoritarios, positivas en los suelos sobre calizas y arenosos mientras que son más abundantes las correlaciones negativas en los suelos sobre pizarra. Se han encontrado también correlaciones negativa con la ilita en estos mismos suelos.

Como se puede observar por los índices de variación representados, ambos elementos suelen estar enriquecidos con respecto al horizonte C, siendo los perfiles desarrollados sobre granitos aquellos que presentan una excepción a esta generalidad.

Para el elemento titanio, el valor medio de contenido es de 0,72% con un rango entre 0,2 y 3,8% (tabla XII cont.), aunque el 91% de las muestras estudiadas están comprendidas entre 0,25% y 1,5% según se representa en el histograma de frecuencias correspondiente (fig 98).

Este elemento se puede considerar de contenidos pequeños y con una menor proporción en los suelos desarrollados sobre areniscas, siendo mayores en los de pizarras y puntualmente en el perfil SV-7 (sobre vulcanitas), alcanzando valores superiores al 3%, comparables también a los encontrados por BESOAIN (1985) y RECIO et al. (1985) en suelos de cenizas volcánicas.

El titanio, no presenta uniformidad para los distintos suelos estudiados en cuanto a sus relaciones con otros parámetros, solamente con Ni, Co y Cr tiene correlaciones significativas en casi todos los suelos, a excepción de los perfiles sobre areniscas y arenosos.

No se han encontrado correlaciones significativas entre este elemento y el mineral caolinita a pesar de que WEISS y RANGE (1966) hayan observado su presencia en la estructura. Esto es explicado por otros autores por la existencia de partículas de anatasa y que tan sólo un 15% puede considerarse estructural.

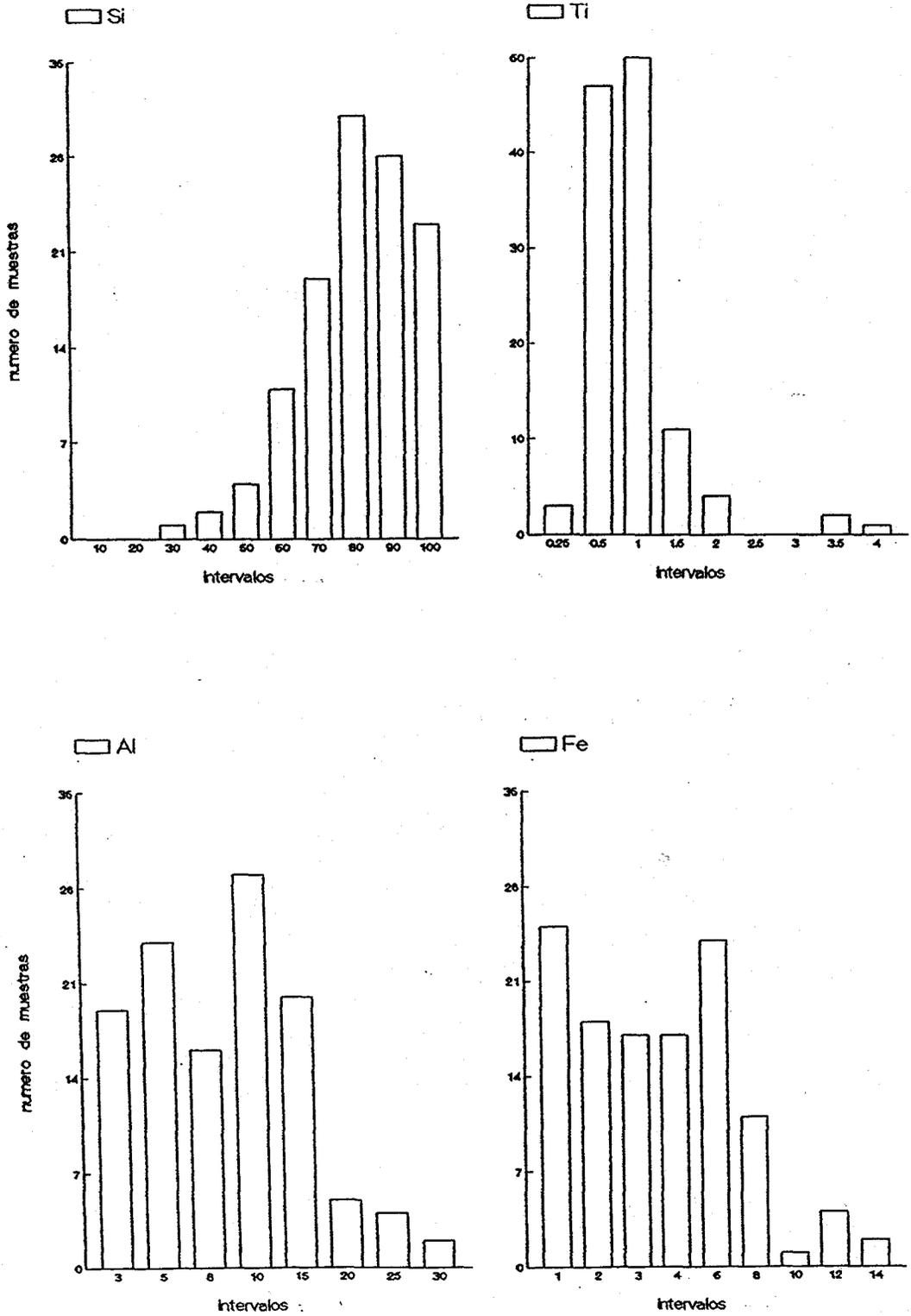


Fig. 98.- Distribución de frecuencias de contenidos (expresados en % de óxidos) de los elementos Si, Ti, Al, y Fe en la totalidad de los suelos estudiados.

Puede considerarse, en cambio, como apunta AUBERT y PINTA (1977), que el titanio sigue en su variación generalmente a los sesquióxidos, aunque en los suelos arenosos no se correlaciona con ellos, esto puede deberse a los bajos contenidos que presenta el citado elemento.

Siempre presenta correlaciones más altas con el Fe_2O_3 que con el Al_2O_3 , confirmándose por el estudio de análisis factorial. De la misma forma las correlaciones con algunos elementos minoritarios se explican por las posibles sustituciones isomórficas en la ilmenita.

Para el Magnesio se ha encontrado un rango de variación entre 0% y 4,1% en el conjunto de todos los suelos, del mismo orden al obtenido para el sodio y el potasio. El contenido medio es de 0,56%, alcanzando el más alto y la desviación típica más baja en los suelos sobre calizas y margas.

Los suelos arenosos presentan los contenidos más bajos de este elemento. Según la figura 99, el 86% de las muestras tienen valores inferiores al 1%.

En los suelos sobre calizas y margas, el elemento magnesio presenta un aumento en aquellos perfiles con existencia de dolomita y sobre todo en el perfil CM-18.

Es muy significativa y positiva la correlación de

este elemento con la dolomita, de donde proviene mayoritariamente. También se correlaciona significativa y positivamente con Sr además de pH y, de forma negativa, con SiO₂, lo que hace ver una asociación del elemento Mg a parámetros de basicidad. Por otra parte se correlaciona con una amplia variedad de elementos minoritarios en los suelos sobre areniscas y arenosos, por el contrario en los demás suelos solamente con parámetros indicativos de acidez o basicidad.

El elemento Calcio presenta valores muy diferentes en los suelos, alcanzando contenidos cercanos al 33% en perfiles de naturaleza caliza y del 0% en suelos ácidos. El valor medio de todas las muestras estudiadas es del 3,08%, estando el 80% de ellas con valores inferiores al 5%, mientras que en los suelos sobre calizas y margas alcanza el 12,8%.

En aquellos perfiles donde es más acusada la presencia de este elemento suele estar acumulado en los horizontes inferiores.

De las correlaciones establecidas en los distintos suelos se ha encontrado una vinculación con Sr, estableciendo con él correlaciones positivas con niveles de significación entre 99 y 99,9%. También con el Nb en los suelos desarrollados sobre areniscas y sobre granitos. En

los suelos arenosos y sobre calizas se ha encontrado una clara relación positiva con la fracción limo, indicando que su comportamiento ligado siempre a los carbonatos es más abundante en esta fracción.

Se pueden destacar igualmente, en los suelos calizos, las correlaciones negativas con Al y Fe causado por una mayor solubilidad de estos elementos en aquellos horizontes con el pH propio de acumulación de calcio. La correlación de este elemento con el pH, de forma positiva, es significativa en todos los suelos, asociándose a él generalmente en el mismo factor según el análisis estadístico.

Los elementos Na y K tienen rangos entre 0,1% y 3% con un valor medio en el caso del K de 1,23% y para el Na de 0,53% (tabla XII). El 76% de las muestras totales tienen valores en Na inferiores al 0,6%, mientras que en el caso del K el mismo número de muestras tienen contenidos inferiores al 1,5%. Los valores más altos para el Na se presentan en los perfiles de suelos sobre vulcanitas y en las pizarras para el K, con una cierta regularidad de sus valores a lo largo de cada perfil.

Para todos los suelos estudiados el Na presenta correlaciones muy significativas y positivas con el Sr, no dándose esta misma vinculación con el K.

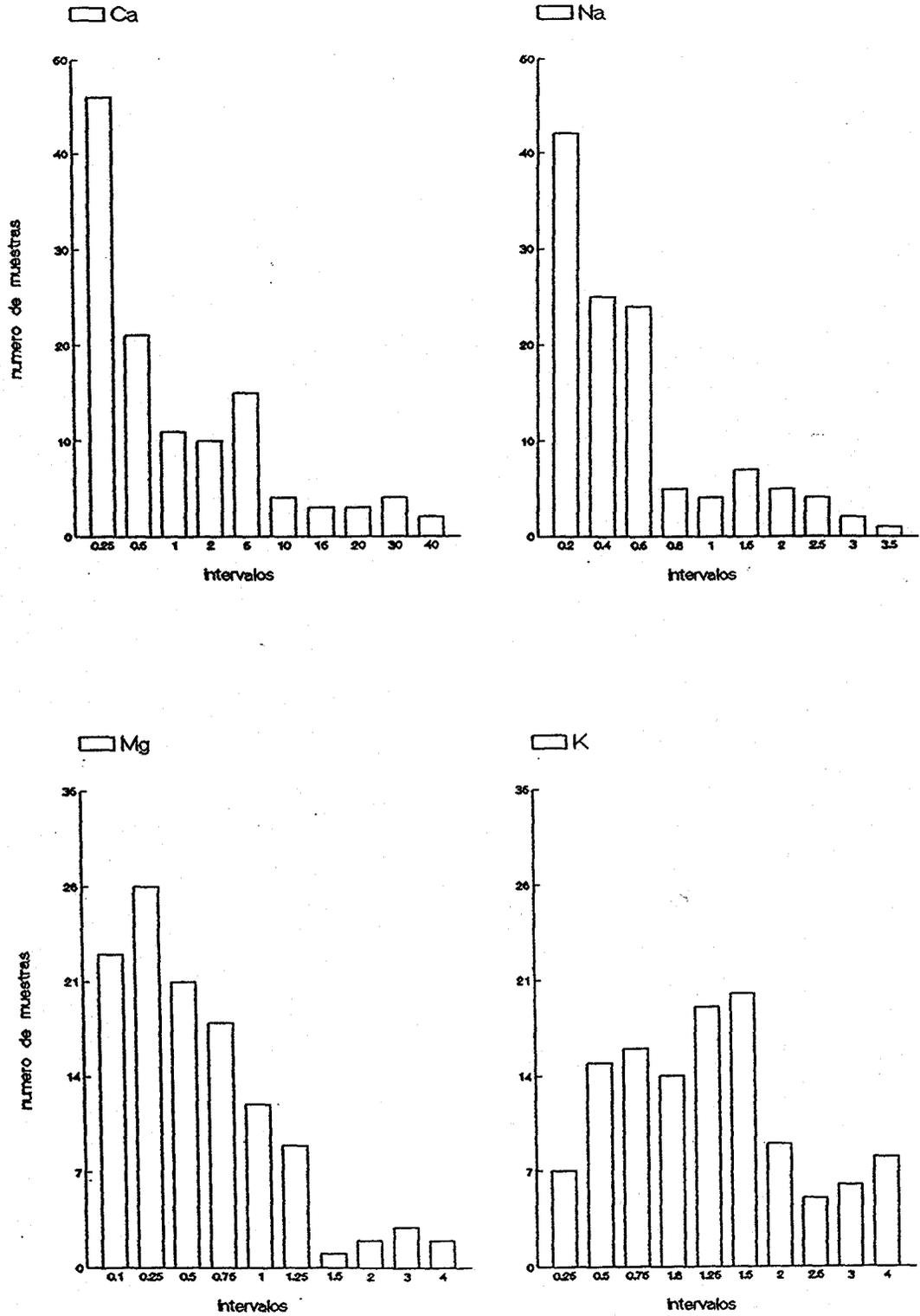


Fig. 99.- Distribución de frecuencias de contenidos (expresados en % de óxidos) de los elementos Ca, Na, Mg, y K en la totalidad de los suelos estudiados.

El Na y K se correlacionan ampliamente y de forma positiva con gran parte de los elementos minoritarios estudiados, sobre todo en los suelos más arenosos. Con carácter general, el Rb suele estar más correlacionado con el K que con el Na y ambos con los feldespatos a excepción de algunos suelos.

Asimismo, en aquellos suelos donde se han tenido en cuenta valores de la mineralogía de arcillas, se observa una correlación significativa y positiva de estos elementos con la illita, siendo negativa con la caolinita.

Dadas las bajas cargas factoriales del Na y K, como puede verse en las tablas de factorización y en las representaciones de los diagramas de dispersión, se puede decir que no existe una gran incidencia de estos elementos en el comportamiento de la mayoría de los suelos estudiados debido, probablemente, a los bajos contenidos que presentan.

De los elementos minoritarios estudiados el Manganeso es el que presenta los mayores contenidos, con un rango para todos los suelos entre 20,4 ppm y 6240 ppm y con valor medio de 459 ppm, correspondiendo los valores más altos a los suelos sobre granitos cuyo valor medio es de 1344 ppm, a pesar que la desviación típica es bastante

amplia, indicando con ello la existencia de valores puntualmente altos en algunos horizontes, este es el caso del perfil SG-5 cuyos contenidos aumentan considerablemente a lo largo del mismo.

Los perfiles arenosos y sedimentos arcillo arenosos presentan los contenidos más bajos, con un máximo de 396 ppm y un valor medio de 104 ppm. Como se puede observar en la fig 100 el Mn tiene una gran frecuencia de contenidos entre 100 y 300 ppm, algo superior al encontrado por GALLEGO y BUENO (1959) (entre 100 y 200 ppm.). El rango más corto para el mayor número de muestras es de 50 a 1000 ppm para el 71% de las muestras.

Según diferentes autores la mayor presencia de Mn va ligada a una menor proporción de carbonatos y de arcillas (AUBERT y PINTA, 1977), otros como BENCINI y TURI (1974) y CHURNET et al. (1982) encuentran una mayor presencia de este elemento cuando existe dolomita. Según lo obtenido en este estudio, para los suelos sobre margas y calizas margosas presentan los valores más pequeños, lo que está de acuerdo con los autores anteriores al tener estos suelos una mayor proporción de arcilla y, además, en los que únicamente se correlaciona con signo negativo el Mn con pH.

De forma general, no se encuentra correlación de

este elemento (Mn) con la materia orgánica, aunque en aquellos horizontes superficiales con porcentajes altos en M.O. se observan acumulaciones de dicho elemento.

No se puede afirmar claramente qué variables condicionan el mayor contenido de este elemento, aunque se puede establecer según lo anterior que pH, M.O. y proporción de arcilla intervienen en la variación de su contenido en los perfiles.

En cuanto al Zn, tiene un rango de variación para la totalidad de los suelos estudiados, entre 4 y 187 ppm con un valor medio de 39,8%. Los rangos más amplios los presentan suelos de tipo ácidos (pizarras, granitos y vulcanitas) frente a los más calizos (arenas y areniscas calcáreas). Entre 4 y 60 ppm se concentra el 82% de las muestras estudiadas cuya distribución de frecuencia se representa en la figura 101.

En la mayoría de los suelos estudiados el elemento Zn presenta una dinámica de variación similar a las del Co, Ni y Cr, con unos contenidos superiores de Cr e inferiores para el caso del Co, acumulándose en los horizontes más arcillosos.

La movilidad a pH bajos es una característica casi general para el elemento Zn, de hecho se ha observado para los suelos más ácidos unos contenidos más altos en

los horizontes inferiores, mientras que en suelos calizos se suele acumular en los horizontes superiores, esta actitud se acusa claramente en los perfiles de suelos sobre areniscas, siendo pues la acidez participe de la lixiviación hacia horizontes inferiores.

Las correlaciones muy significativas y positivas del Zn con Ni, Co y Cr se hace casi general ya que se encuentra la excepción de los suelos sobre granitos. La relación de este elemento también con la proporción de arcilla propicia, asimismo, que se correlacione con todos aquellos elementos, fundamentalmente minoritarios, que tienden a una acumulación en dicha fracción más fina, aunque en otros casos este elemento se puede encontrar más vinculado a fracciones intermedias, como ocurre en los suelos sobre areniscas, según se observa en la figura 80 del diagrama de dispersión obtenida en el análisis multivariante.

El elemento Cu con un valor medio de 18 ppm, no presenta una gran abundancia de contenidos, a excepción de un valor anormalmente alto (221 ppm) que se puede explicar por la existencia de este elemento en fungicidas aplicados en los cultivos de viñedos presentes en la zona.

El 91% de las muestras estudiadas se concentran en valores inferiores a 30 ppm (figura 101). Este elemento

suele acumularse en los horizontes superficiales, sobre todo cuando la materia orgánica presenta un alto contenido, por la facilidad de complejación con ella.

Como se puede deducir por las tablas de correlaciones para los distintos grupos de suelos, el elemento Cu no presenta una uniformidad de criterio en sus relaciones. En algunos suelos con muy diferentes características como los arenosos y los desarrollados sobre granitos presenta una significativa correlación con los elementos Ni, Co y Cr además de las filosilicatos y en otros suelos con Pb y M.O.

De hecho según las tablas X (de 1 a 6) este elemento presenta cargas factoriales bajas en todos los grupos de perfiles que denota una pequeña o ausencia de relación con otras variables.

El Co y el Ni son elementos que tienen un comportamiento de variación similar en todos los suelos estudiados, con unos contenidos siempre superior en el caso del Ni. Los rangos y valores medios de la totalidad de los suelos estudiados y para cada uno de ellos se encuentra en la tabla XII, correspondiendo los valores medios más altos a los perfiles de suelos sobre pizarras (52 ppm para el Ni y 47,5 ppm para el Co) y los más bajos a las arenas (11 ppm y 5,8 ppm respectivamente).

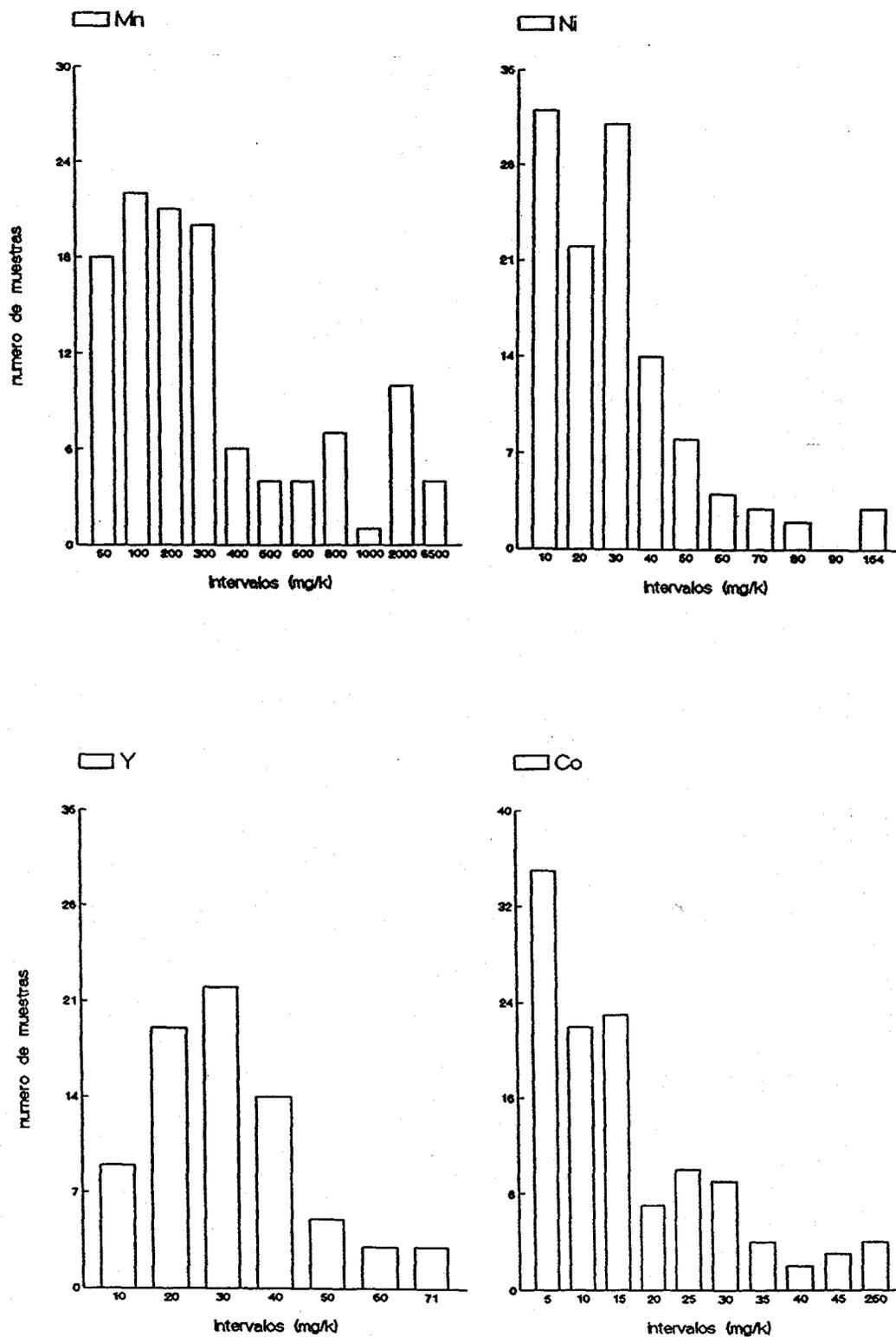


Fig. 100.- Distribución de frecuencias de contenidos (expresados en mg/K) de los elementos Mn, Ni, Y y Co en la totalidad de los suelos estudiados.

Aproximadamente el 80% de las muestras estudiadas están comprendidas en un rango entre 0 y 40 ppm, para el Ni, mientras que para el Co ese mismo número de muestras lo está entre 0 y 25 ppm.

La relación de ambos elementos con otros parámetros es común de forma prácticamente general. Al ser elementos íntimamente ligados a la arcilla, se acumulan en horizontes B y además se correlacionan con todos aquellos parámetros vinculadas a esta fracción (C.C., filosilicatos, ilita, etc.), presentando correlaciones positivas y muy significativas con Fe y Al además de algunos elementos minoritarios.

En el análisis multivariante efectuado, ambos elementos se encuentran con altas cargas en los factores que incluyen a la arcilla y capacidad de cambio, con excepción de los suelos sobre granitos (tabla X-5) ya que no presentan cargas factoriales importantes.

El elemento Cd tiene unos contenidos muy bajos en estos suelos, a niveles de traza e incluso sin posibilidad de detección por los métodos utilizados en la mayoría de las muestras, siendo en los suelos calizos donde mayormente se presenta, con valores máximos de 2,4 ppm. Se observa muy claramente su relación con los carbonatos y no

se encuentra en ninguno de los horizontes de los suelos sobre areniscas ni en suelos arenosos.

En el caso del Pb le corresponde un valor medio general de 23,47 ppm, con un rango entre 4 y 70,4 ppm, correspondiendo a las arenas los valores inferiores. Entre 5 y 35 ppm está comprendido el 77% de las muestras estudiadas, según la distribución de frecuencias presentada en la figura 101.

De acuerdo con su origen biogénico, este elemento se acumula en los horizontes superficiales y con tendencia, además, hacia los horizontes con proporciones altas de carbonatos, pudiéndose explicar así las correlaciones positivas con el Sr y el Mg. También con el pH en los suelos arenosos, mientras que en los suelos sobre pizarras y granitos la correlación con Sr es de signo negativo, y positiva con la arena gruesa. Esto puede explicar la acumulación de este elemento en dicha fracción. Así se detecta en la fig 89 a, donde el Pb está unido a una población de variables con características de textura gruesa, según se observa en el análisis factorial realizado para los suelos desarrollados sobre pizarras.

El comportamiento del elemento Cr ya se comentó anteriormente por su relación con los elementos Ni, Co y Zn. El valor medio para todos los suelos estudiados es de

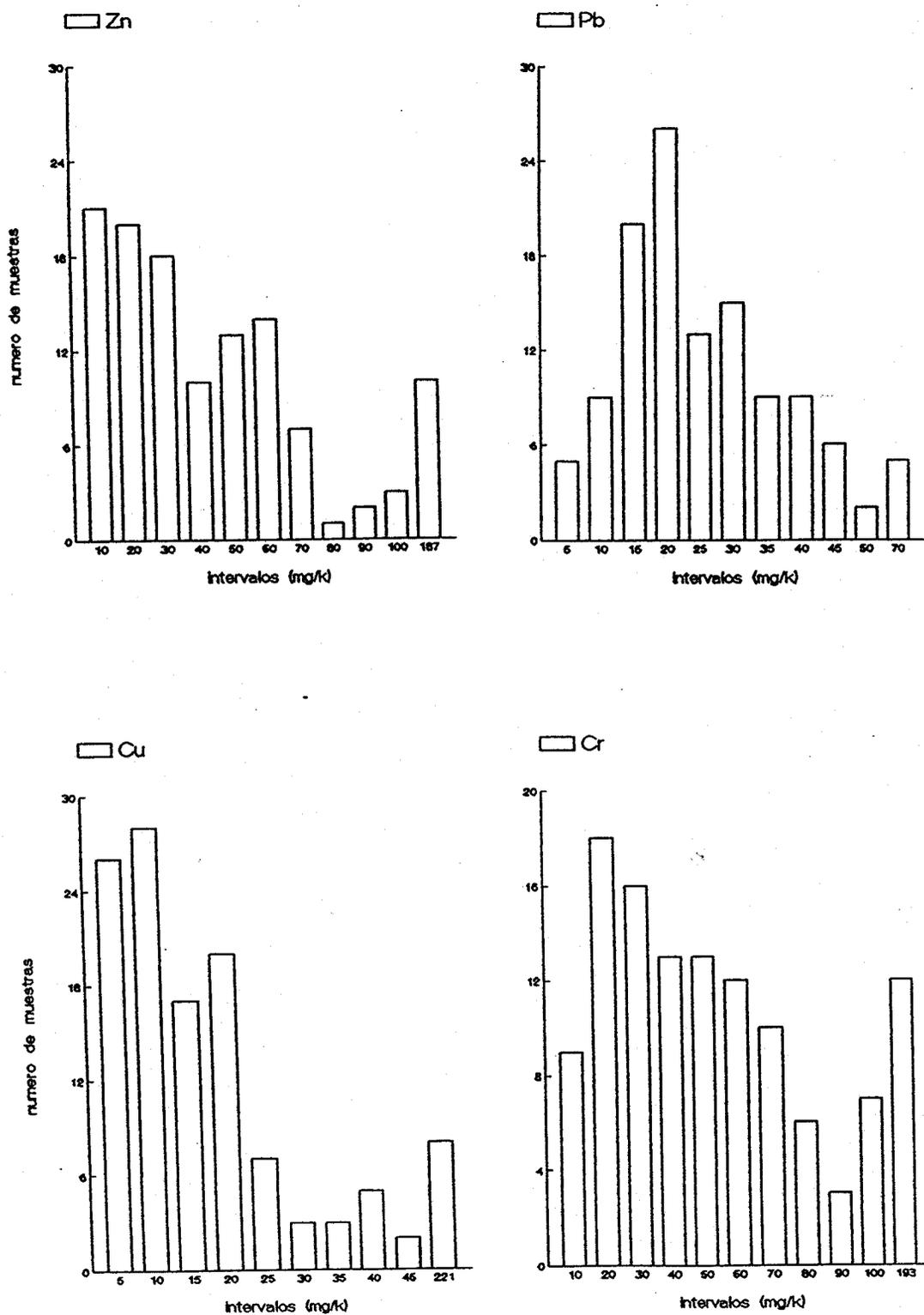


Fig. 101.- Distribución de frecuencias de contenidos (expresados en mg/K) de los elementos Zn, Pb, Cu y Cr en la totalidad de los suelos estudiados.

49,15 ppm, con un rango entre 7,6 y 193,2 ppm. La mayor abundancia al igual que los tres elementos citados anteriormente la presentan los suelos desarrollados sobre pizarras, aunque en el caso del Zn los suelos sobre vulcanitas son una excepción. También los suelos arenosos son los más pobres en este elemento. Entre 7 y 70 ppm están comprendidas algo más del 75% de las muestras estudiadas.

Este elemento suele acumularse en los horizontes arcillosos, como se puede observar en las figuras correspondientes a los histogramas de contenidos así como en las de índices de variación, con enriquecimientos respecto a los horizontes C en los distintos suelos estudiados.

La asociación del elemento Zr a la fracción arena es un hecho constatado suficientemente en la bibliografía, MOURA y KROONENBERG (1988) entre otros, sucediendo también claramente en este estudio. En los suelos sobre areniscas este elemento tiene un comportamiento muy similar al Mn, presentando por lo general acumulaciones en los horizontes más superficiales de todos los suelos.

Su contenido medio es bastante alto en los perfiles sobre pizarras, con rango entre 130 y 570 ppm y un valor medio de 308 ppm, mientras que el rango para todas las muestras está entre 23 y 570 ppm y valor medio de 192 ppm, sin grandes diferencias de uno a otro suelo.

Según la figura 102 de distribución de frecuencias para los contenidos de Zr, el 80% de las muestras totales están comprendidas entre 50 ppm y 300 ppm.

En los suelos sobre calizas y pizarras, para este elemento, se observa una correlación significativa y de signo negativo con Sr y carbonatos siendo positiva con %SiO₂. Esto indica una asociación a variables opuestas al carácter calcáreo.

Según el análisis factorial realizado, se puede deducir una mayor vinculación del elemento Zr a parámetros con carácter silíceos que a los de tipo calcáreo, como se puede observar por las representaciones bidimensionales de las figuras 83, 86, 89, 92 y 95, aunque en esta última correspondiente a suelos sobre vulcanitas su comportamiento se hace más independiente respecto a las dos opciones indicadas anteriormente. No se encuentra relación ni positiva ni negativa del Zr con K, argumentada por VIZCAYNO et al. (1979).

Las casos de Y y La suelen y de hecho se comportan, en la mayoría de los casos, paralelamente e incluso con contenidos parecidos. Los valores medios para los distintos suelos así como sus respectivos rangos se presentan en la tabla XII.

Para el elemento Y la mayor parte de las muestras se encuentran en el intervalo de 2 a 40ppm y para el La entre 0 y 30 ppm.

Ambos elementos tienen una manifiesta tendencia de acumulación en los horizontes arcillosos, en los casos de suelos desarrollados sobre areniscas y en los perfiles arenosos. Se encuentran valores más altos en los perfiles más básicos, aunque en el grupo de suelos sobre calizas y margas se establecen correlaciones opuestas a los carbonatos y también con otros parámetros calcáreos.

El elemento Sr presenta como característica importante sus altos contenidos en los suelos desarrollados sobre calizas y margas con un valor medio de 138,8 ppm, siendo la media para todos los suelos de 61,48 ppm. Según la distribución de frecuencia presentada en la figura 102, entre 0 y 70 ppm se encuentra el mayor número de muestras para este elemento.

Existe una relación claramente destacada entre carbonatos y el elemento Sr, con valores de correlación muy significativos en aquellos casos donde la proporción de materiales calcáreos es alta, y es donde se manifiesta una mayor diferencia con el elemento Ba, presentando correlaciones muy significativas y de signo negativo entre ambos elemento. Por otra parte, también se destacan las

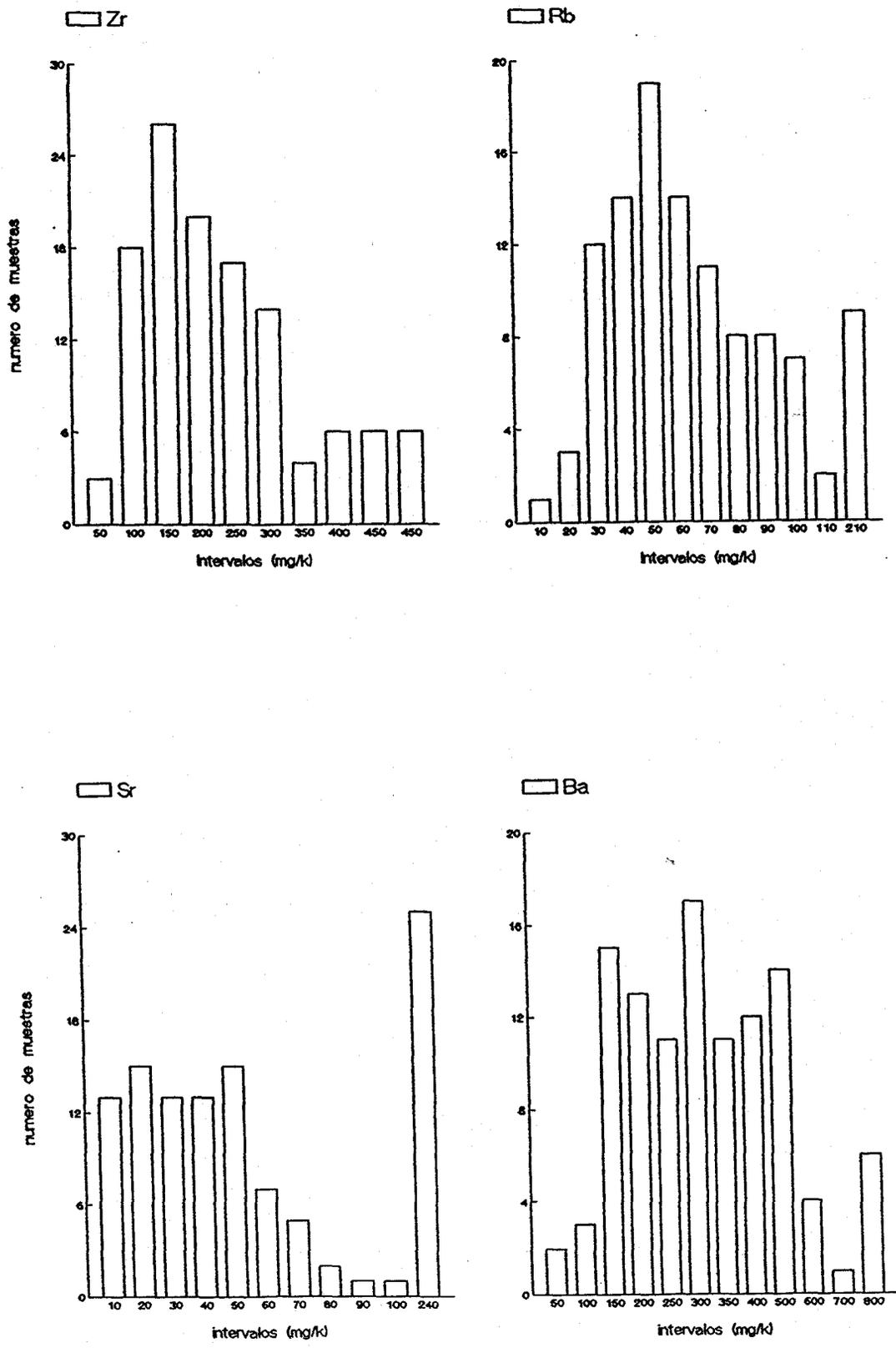


Fig. 102.- Distribución de frecuencias de contenidos (expresados en mg/K) de los elementos Zr, Rb, Sr y Ba en la totalidad de los suelos estudiados.

correlaciones positivas del Sr con Mg y con dolomita, al contrario de lo observado por BUSTILLO (1985), según el cual destaca un fuerte descenso de los contenidos de Sr en los procesos de dolomitización. También con el Na presenta correlaciones positivas y de alta significación.

Por otra parte el elemento Ba se correlaciona en la mayor parte de los suelos con Rb, K y en algunos casos con feldespatos. Esto da pie a pensar en procesos de sustituciones isomórficas, siendo frecuente encontrar este elemento en los feldespatos alcalinos como anotan FENNER y HAGNER (1967) y VIZCAYNO et al. (1979).

Los contenidos de Ba son bastante altos en todos los suelos estudiados con relación a otros elementos minoritarios, 216,8 ppm de valor medio en los suelos arenosos, corresponden a los más deficientes en este elemento. El rango para todos los suelos está entre 43 y 930 ppm y 310 ppm de valor medio, correspondiendo las mayores frecuencias entre 150 y 500 ppm, y siendo los valores más altos para los suelos desarrollados sobre pizarras.

A parte de las relaciones ya mencionadas, ambos elementos (Ba y Sr), se correlacionan también con otros parámetros, aunque no se puede establecer una generalidad para todos los suelos, puesto que el pH es,

fundamentalmente, el factor que dirige la relación en uno u otro sentido con los distintos parámetros.

El Rb se encuentra relacionado con los dos elementos últimamente citados en algunos de los suelos estudiados, acumulándose unas veces en los horizontes superficiales y otras en los más arcillosos.

El valor medio para todos los suelos es 64,23 ppm con una mayor abundancia en los suelos sobre pizarras. La frecuencia mayor se encuentra entre 30 y 70 ppm.

La asociación de este elemento a los feldespatos, ilita y potasio en algunos de los suelos estudiados se manifiesta en las tablas de cargas factoriales y en la representación mediante diagramas de dispersión de las variables en los suelos sobre areniscas, sobre pizarras, sobre granitos y sobre vulcanitas, por lo que cabe pensar que forme parte de los dos minerales anteriormente citados.

El elemento Ga se comporta, en cuanto a sus contenidos de manera bastante uniforme en todos los suelos recogidos en esta memoria, con variaciones poco acusadas a lo largo de los distintos perfiles. Dichos contenidos medios se pueden ver en la tabla XII, estando la mayor frecuencia en torno a 15 ppm con valores, si acaso, algo más altos en los suelos más ácidos.

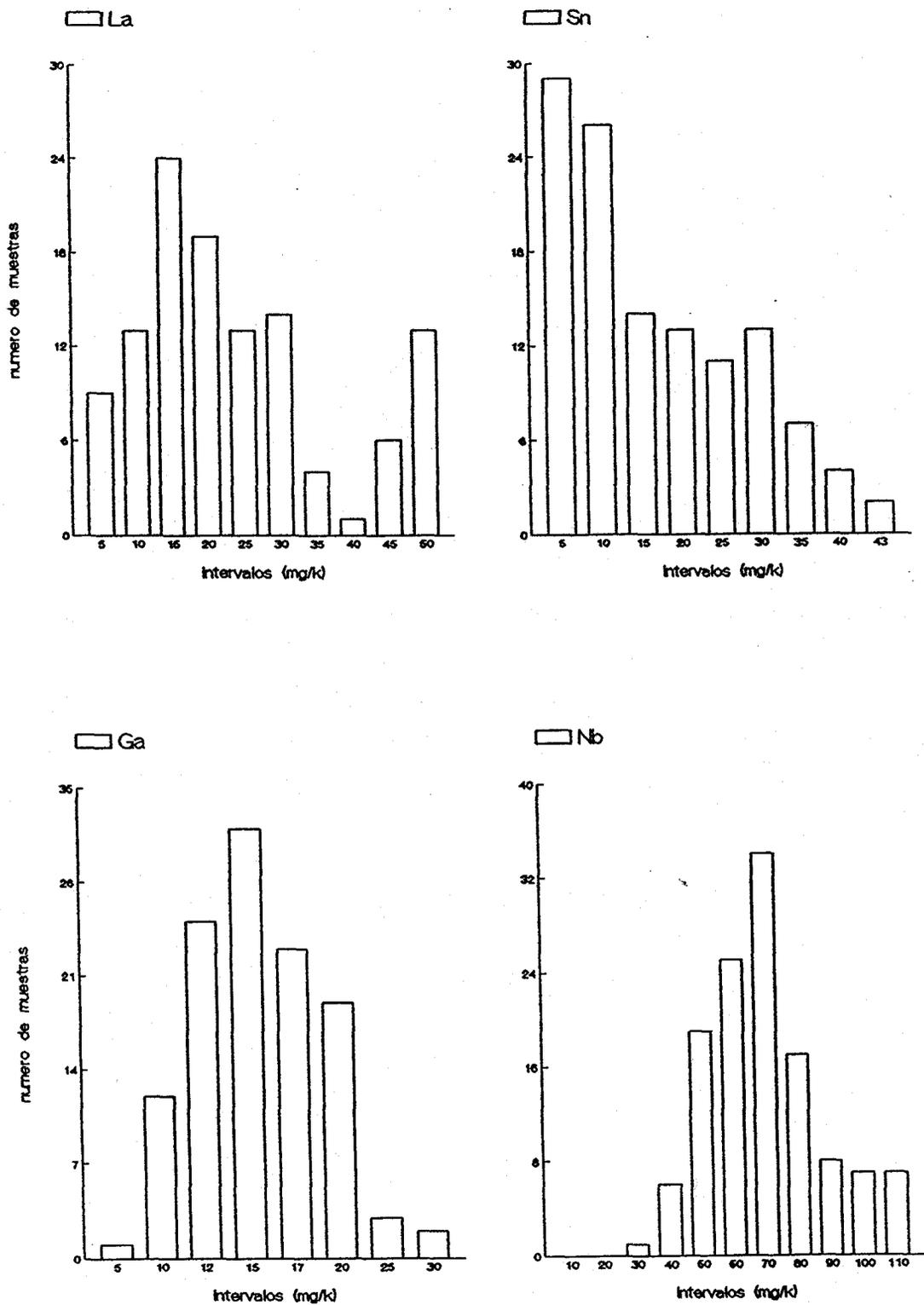


Fig. 103.- Distribución de frecuencias de contenidos (expresados en mg/K) de los elementos La, Sn, Ga y Nb en la totalidad de los suelos estudiados.

Presenta correlaciones positivas y muy significativas con los feldespatos y con la arcilla, Fe y Al, aunque no ocurre para todos los suelos.

En el caso de estaño, se ha observado una notable disminución en los suelos sobre granitos y vulcanitas con respecto al resto. El valor medio general es de 14,39 ppm con un rango de variación de 0 a 43 ppm, aunque la mayor frecuencia está entre 0 y 10 ppm.

Para el Nb el rango está entre 28 y 110 ppm con un valor medio de 63,15 ppm, no presentando grandes variaciones en los diferentes suelos.

Ambos elementos (Sn y Nb) no presentan una definición clara en cuanto a su distribución. En algunos suelos se ha observado una tendencia de estos elementos a la asociación con óxidos de hierro, de ahí las correlaciones que presentan. Estas asociaciones, según BESOAIN (1985) son producto de la meteorización que dan lugar a una alteración de los distintos elementos en diferentes formas. Así el aluminio y el hierro se hidrolizan y precipitan con facilidad debido a su potencia iónica y pH, incluyendo al mismo tiempo cationes del tipo Sn y Nb entre otros.

V. CONCLUSIONES.

Como resumen del trabajo expuesto y discutido se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1ª.- Se ha realizado por vez primera un estudio acerca de los contenidos de elementos mayoritarios (Si, Al, Fe, Ti, Mg, Ca, Na y K) y los minoritarios (Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cd, Pb, Cr, Zr, Y, Sr, Rb, Ba, La, Nb, Ga y Sn), encontrándose extensas relaciones entre éstos y las distintas propiedades físico-químicas de un conjunto de 29 perfiles de suelos, que se han considerado representativos de la Provincia de Huelva. Estos perfiles se han distribuido en seis grupos según el material original: a) suelos sobre areniscas; b) suelos arenosos y sedimentos arcillo arenosos; c) suelos sobre calizas y margas; d) suelos sobre pizarras; e) suelos sobre granitos; f) suelos sobre vulcanitas.

2ª.- Los valores encontrados de los parámetros físico-químicos más importantes para las 119 muestras tratadas, son los siguientes:

a) Los suelos sobre areniscas contienen carbonatos en dos de los cuatro perfiles, variando desde 3% hasta 55% con

valores más altos en los horizontes más profundos. La materia orgánica no es muy alta (0,3% a 3,3%), sin sobrepasar el 1% la mayoría de las muestras. En los perfiles calizos el pH varía entre 7,8 y 8,2, con valores de 4,6 a 6,4 en los otros dos. Tienen proporciones altas de arena fina y arcillas en los horizontes intermedios. Son altos también los valores de filosilicatos, disminuyendo en aquellos horizontes con alta proporción de calcita. La capacidad de cambio se puede considerar media.

b) Los suelos arenosos y sedimentos arcillo arenosos sólo contienen carbonatos en uno de los perfiles, variando el pH para todos ellos en torno a 7 con algunos horizontes moderadamente ácidos, sobre todo los B. La materia orgánica, en estos suelos, no presenta valores importantes a excepción del perfil CS-14 con un 7% en el horizonte superficial. En cuanto a la textura la arena gruesa es la fracción predominante, alcanzando valores hasta del 90%; la fracción limo tiene los valores más bajos, sólo un 10% de los horizontes superan el 11%; la arcilla es más abundante en los horizontes más profundos, al igual que los filosilicatos, superando en algunos casos el 80%.

c) Los suelos sobre calizas y margas contienen carbonatos entre 4,9% y 53%, sólo en uno de ellos no se ha detectado como corresponde a su propia naturaleza con un sustrato de caliza dura. El pH varía entre 6,7 y 8,2,

correspondiendo los valores más bajos al perfil anteriormente citado. Este mismo perfil presenta el valor más alto de materia orgánica (2%) en su horizonte superficial, siendo en general bajos. La arcilla es la fracción predominante, con valores notables en arena fina y limo.

d) Los suelos sobre pizarras tiene valores de pH que varían de ácidos a moderadamente ácidos, entre 4,6 a 6, siendo bastante uniformes en cada uno de los perfiles. En estos suelos, se ha encontrado una acumulación muy notable de materia orgánica en los horizontes superficiales y también horizontes de acumulación de arcillas, estos últimos se corresponden con valores de filosilicatos en torno al 90%.

e) En los suelos sobre granitos el pH tiene un carácter moderadamente ácido y siendo la arena gruesa la fracción predominante. Excepto en uno de los perfiles con alta proporción en cuarzo predominan los filosilicatos. Hay que considerar la alta capacidad de cambio del perfil SG-5.

f) Las características físico-químicas encontradas en los dos perfiles de suelos sobre vulcanitas están muy diferenciadas, destacando sobre todo la mayor acidez del perfil AR-10 y el alto contenido en materia orgánica. La fracción limo es la más abundante en estos suelos.

3ª.- Los contenidos de Silicio (expresados en óxidos), presentan un rango de variación entre 26 y 97,3% con un valor medio de 75,63%. En la mayoría de los suelos estudiados se han encontrado correlaciones positivas y de alta significación con Zr, Pb y Rb, lo que relaciona a estos elementos con las fracciones más gruesas.

4ª.- Para el Aluminio se ha encontrado un rango de variación entre 0,8% y 28% con un valor medio de 7,98% (expresados en óxido). Los suelos sobre pizarras destacan como los más abundantes en este elemento y siendo los perfiles arenosos los más deficientes.

En cuanto al Hierro, para todos los suelos estudiados, el rango es algo más estrecho, entre 0,1% y 13,6%, con un valor medio de 3,44%. Los perfiles sobre vulcanitas son los de contenidos más altos y los arenosos los más bajos.

Existe una distribución paralela en todos los suelos para ambos elementos (Fe y Al), aunque con distinto orden de contenidos. Para ambos, en los suelos sobre calizas y margas, se han encontrado correlaciones negativas con los carbonatos

A excepción de los suelos sobre areniscas se observan correlaciones de altas significaciones entre el Fe

y los elementos Ni, Co y Cr y, de forma general, del Al con el Cr.

5^a.- El contenido medio de Ti (expresado en óxido) es de 0,72%. El perfil desarrollado sobre vulcanitas (SV-7) tiene los valores más altos de todos los suelos estudiados, alcanzando proporciones hasta del 3,8%. Este contenido duplica a más del 90% de las muestras tratadas.

Se han encontrado correlaciones muy significativas entre los sesquióxidos y este elemento, a excepción de los suelos más arenosos. En general con la caolinita no se ha observado una relación importante.

6^a.- El contenido medio de Magnesio (expresado como óxido) es de 0,56%, alcanzando el valor medio más alto y la desviación típica más baja en los suelos sobre calizas y margas. Los arenosos presentan los contenidos más bajos, superando el 1% solamente el 14% de la totalidad de las muestras. Se destaca el mayor contenido para este elemento en aquellos horizontes con presencia de dolomita.

El magnesio se correlaciona positivamente con Sr y pH, y de forma negativa con SiO₂, lo que indica la asociación de este elemento a parámetros de basicidad.

El rango presentado por el Calcio está entre 0% y

33%. Existe acumulación de este elemento en los horizontes superiores, cuando se presenta con alta proporción.

Destacan las correlaciones positivas y muy significativas con Fe y Al, debido a una mayor solubilidad de estos elementos a pH básico.

7^a.- Los elementos Na y K tienen rangos entre 0,1 y 3%, con valores medios de 0,53% y 1,23% respectivamente. Estos elementos presentan una gran uniformidad de contenidos a lo largo de cada perfil.

Para todos los suelos estudiados, el Na presenta correlaciones positivas muy significativas con el Sr, mientras que el K está muy estrechamente vinculado al Rb y, salvo algunas excepciones, ambo elementos (Na y K) con los feldespatos.

En aquellos suelos donde se han tenido en cuenta los datos de la mineralogía de la arcilla, se encuentran también correlaciones significativas y positivas con la illita y negativa con la caolinita.

8^a.- Del estudio del Manganeso se deduce: Los altos contenidos presentados en los suelos sobre granitos, con un valor medio de 1344 ppm y alcanzando en el perfil SG-5 un contenido de 6240 ppm en el horizonte más profundo. Con la

excepción de este perfil, generalmente se acumula en los horizontes superiores. Al contrario de lo que se podría esperar, no se han encontrado correlaciones destacadas de este elemento con la materia orgánica.

Los perfiles arenosos y de sedimentos arcillo arenosos tienen los contenidos más bajos, con un valor medio de 104 ppm.

Se puede establecer que el pH, M.O. y proporción de arcilla intervienen, fundamentalmente, en la variación del contenido del Mn en los perfiles.

9ª.- Los elementos Zn, Cu, Ni y Co, presentan los contenidos más altos en los suelos sobre pizarras, siendo los valores medios, para estos elementos, dobles de la media general de todos los suelos estudiados.

Es destacable la similitud de comportamiento encontrada en todos los suelos estudiados de los elementos Co y Ni y, en la mayoría de ellos para Zn, Ni, Co y Cr, con la siguiente secuencia de contenidos: Cr>Zn>Ni>Co.

En los suelos más ácidos se encuentra para el Zn unos contenidos más altos en los horizontes inferiores, mientras que en los suelos calizos lo hace en los horizontes superiores.

Los elementos Co y Ni, están fuertemente correlacionados con la fracción arcilla, así como con todos aquellos parámetros vinculados a esta fracción. También con Fe y Al.

10^a.- El elemento Cobre se acumula generalmente en los horizontes superficiales, sobre todo, cuando la materia orgánica presenta un alto contenido. El valor medio para este elemento es de 18 ppm. Hay que señalar el valor anormalmente alto encontrado en el horizonte superficial del perfil CE-15 (221 ppm) que debe estar causado por el empleo de fungicidas en zonas de viñedos.

11^a.- El elemento Cadmio se encuentra con unos contenidos bajos en estos suelos, en gran número de ellos con niveles de traza y por debajo del límite de detección del método del método utilizado. Existen correlaciones muy significativas y positivas entre este elemento y los carbonatos.

12^a.- El valor medio del Pb es de 23,47 ppm, destacando los suelos arenosos con contenidos más bajos y bastante semejantes en el resto de los perfiles.

Se acumula en los horizontes superficiales, de acuerdo con los valores más altos de materia orgánica y con

tendencia de aumento hacia los horizontes con altas proporciones de carbonatos, explicándose por esta causa las correlaciones significativas y positivas con el Sr.

13^a.- El rango encontrado para el elemento Zr está entre 23 y 570 ppm, con un valor medio de 192 ppm. En general todos los suelos presentan acumulaciones de este elemento en los horizontes más superficiales.

Según el análisis factorial realizado, se deduce una mayor vinculación de este elemento a parámetros de tipo silíceo que a los calcáreos.

14^a.- Los elementos Y y La, en la mayoría de las muestras, tienen un comportamiento paralelo incluso con contenidos similares.

La mayor frecuencia de contenidos para el Y se encuentra en el intervalo de 2 a 40 ppm y, para el La, entre 0 y 30 ppm. Ambos elementos tienen, para los suelos desarrollados sobre areniscas y en los perfiles arenosos, una manifiesta tendencia de acumulación hacia los horizontes arcillosos.

15^a.- El elemento Sr presenta contenidos altos en los suelos desarrollados sobre calizas y margas, con un valor

medio de 138 ppm, siendo de 61,48 ppm la media para el conjunto de todos los suelos.

Los carbonatos tienen una correlación positiva al más alto nivel con este elemento, fundamentalmente en aquellos perfiles donde la proporción de materiales calcáreos es alta. En estos casos es donde las correlaciones con el Ba son muy significativas y de signo negativo.

Existen, igualmente, correlaciones positivas del Sr con Mg y dolomita en suelos calizos, contraponiéndose con datos encontrados en la bibliografía.

Se ha encontrado una asociación del elemento Ba con Rb y K en la mayor parte de los suelos y, solamente en algunos, se incluyen los feldespatos.

16ª.- El elemento Rb presenta contenidos altos en los suelos sobre pizarras, con una media de 114,5 ppm. y siendo la media general de 64,23 ppm. Presenta correlaciones muy significativas y positivas con la illita que puede afirmar su presencia en minerales micáceos, siendo negativa con la caolinita.

17ª.- El Galio se caracteriza por la uniformidad de sus contenidos en todos los suelos estudiados, así como su

distribución a lo largo de los perfiles. El valor medio es de 14,75 ppm, con un rango entre 8 y 29 ppm. La media más alta corresponde a los suelos sobre pizarras (18 ppm). Presenta correlaciones muy significativas y positivas con los feldespatos, arcilla y con los elementos Fe y Al.

18ª.- Para el elemento Sn se encuentran contenidos más bajos para los suelos desarrollados sobre granitos y vulcanitas, a diferencia de lo que ha ocurrido con la mayoría de los otros elementos estudiados. Este elemento junto al Nb no tiene una definición clara en cuanto a su variación.

19ª.- Se ha definido un "índice de variación" para los elementos minoritarios además del hierro y aluminio, este índice es el cociente entre el contenido en el perfil y el contenido en el horizonte C. Los valores de este índice de variación, son más significativos y permiten una comparación más fácil de los elementos entre suelos de diversas características que los propios valores absolutos. Obsevándose, con carácter muy general, un enriquecimiento de los elementos en los suelos más básicos frente a los más ácidos

20ª.- Del estudio estadístico realizado se han obtenido agrupaciones características de variables para

cada tipo de suelo, con una evaluación de la intensidad de esta relación así como su sentido. Igualmente, se ha considerado la influencia de cada variable en las muestras del grupo así como el grado de explicación del sistema por cada conjunto de variables.

21^a.- Las representaciones obtenidas de las puntuaciones, que caracterizan la influencia de cada grupo de variables en cada una de las muestras, han permitido agrupar los distintos horizontes con una cierta similitud respecto al carácter común del grupo de variables, pudiendo considerar también una evolución del grupo de muestras.

22^a.- No se puede considerar significativo el estudio estadístico para un corto número de muestras, como es el caso del grupo de vulcanitas, puesto que se produce un único grupo de variables en un sólo factor, al tener todas ellas una cierta relación y que, en la mayoría de los casos es causado por el corto número de valores empleados, considerándose una relación casual que desvirtúa el propio análisis factorial.

VI. BIBLIOGRAFIA.

ANDREU, V., BOLUDA, R., PONS, V. y SANCHEZ, J. (1988). Contenido en Cd, Co, Cu, Cr, Zn, Pb y Ni y su relación con algunas propiedades en 4 perfiles de suelos representativos de la Sierra del Negrete (Valencia). II Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sevilla. 73-78.

ANDERSON, P.R. y CHRISTENSEN, T.H. (1988). Distribution coefficients of Cd, Co, Ni y Zn in soils. *Journal of Soils Science*. 1. 15-22.

ALVAREZ, A.M., R.SANCHIDRIAN, J. y GUERRA, A. (1985). Estudio edafo-geoquímico de las series detrítica y evaporítica de la provincia de Madrid. IV análisis en componentes principales aplicado a suelos de la provincia de Madrid. *Ann. Edaf. y Agrob.*, XLIV, n. 11-12. 1567-1582.

AUBERT, A. y PINTA, M. (1977). Trace elements in soils. Elsevier Scientific publishing comp. New York. 395pp.

AYLLON, M. (1974). Análisis cuantitativo por difracción de rayos X de algunos minerales accesorios de la arcilla según el método de Standard interno. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

BAILEY, S.W. (1963). Polymorphism of the Kaolin minerals. *American Mineralogist*. 48. 1196-1209.

BAKER, W.E. (1973). The role of humic acids from Tasmanian podzolic soils in mineral degradation and metal solubilization. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 37. 269-281.

BARTOLI, F. (1981). Le cycle biogéochimique du silicium sur roche acide. Application a deux écosystèmes forestiers tempérés. Tesis Doc. Univ. Nancy. 187pp.

BAR-YOSEF, B. (1979). Ph-dependent zinc adsorption by soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 43. 1095-1099.

BARRAGAN LANDA, M.E. (1973). Oligoelementos en suelos de Navarra. Tesis Doctoral. Diputación foral de Navarra. Pamplona.

BARROW, N.J. (1985). Reaction of anions and cations with variable-charge soils. Advances in Agronomy. 38. 183-230.

BARROW, N.J. (1986 a). Testing a mechanistic model. II. The effects of time and temperature on the reaction of zinc with a soil. J. Soil Sci. 37. 277-286.

BARROW, N.J. (1986 b). Testing a mechanistic model. IV. Describing the effects of pH on zinc retention by soils. J. Soil Sci. 37. 295-302.

BARROW, N.J. (1986 c). Testing a mechanistic model. VI. Molecular modelling of the effects of pH on phosphate and on zinc retention by soils.

BARROW, N.J. y ELLIS, A.S. (1986). Testing a mechanistic model. V. The points of zero salt effect for phosphate retention, for zinc retention and for acid/alkali titration of a soil. J. Soil Sci. 37. 303-310.

BENCINI, A. y TURI, (1974). Mn distribution in the Mesozoic Carbonate rocks from Lima Valley, Northern Apennines. Jour. Sed. Petrol. 44. 774-782.

BENES, S. y PABIANOVA, J. (1984). The relation between microelements and soils properties in the granodioritic and phyllitic zones of the Tachov region. Scientia Agriculturae Bohemoslovaca. 16. (2). 77-88.

- BENJAMIN, M.M. y LECKIE, J.O. (1981). Multiple-site adsorption of Cd, Cu, Zn y Pb on amorphous iron oxide. *J. Colloid Interface Sci.* 79. 209-221.
- BENNET, H., EARDLEY, R.P., HAWLEY, W.G. y THWAITES, I. (1962). Routine control analysis of high. Silica and aluminosilicate materials. *Transactions of the British Ceramic Society.* 61. 636-666.
- BERDINKOVA, A.V. (1982). Zinc content of soils in Astrakhan oblast. *Soviet Soil science.* 14. (3). 63-66.
- BERROW, M.L. y REAVE, G.A. (1986). Total chromium and nickel contents of Scottish Soils. *Geoderma.* 37. (1). 15-27.
- BERRY, L.G. y MASON, B. (1966). *Mineralogía.* Ed. Aguilar. España.
- BESOAIN, E. (1972). *Mineralogía de arcilla de suelos volcánicos de América latina, 2do. serie Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones. nº 82.* Universidad de Naziño. IICA-OEA. 249-278.
- BESOAIN, E. (1985). *Mineralogía de arcillas en suelos.* Instituto interamericano de la cooperación para la agricultura. S. José de Costa Rica. 1205pp.
- BESOAIN, E. y GONZALEZ, M.S. (1977). *Mineralogía, génesis y clasificación de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas de las regiones centro-Sur de Chile.* *Ciencia e Investigación Agraria.* 4. (2). 109-130.
- BIDDAPPA, C.C., CHINO, M. y KUMAZAWA, K. (1982). Migration of heavy metals in two Japanese Soils. *Plant and Soil.* 66. (3). 299-316.
- BLUME, H.P. y SCHWERTMANN, U. (1969). Genetic evaluation of profile distribution of aluminium, iron and manganese oxides. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33. 438-444.

BMDP STATISCAL SOFTWARE (1983). University of California. Press. Berkeley. Los Angeles.

BOWER, C.A., REITEMEIER, R.F. y FIREMAN, M. (1952). Exchangeable cations analysis of salina and alkali soils. Soil Sci. 73. 251.

BOYLE, E.A., EDMOND, J.M. y SHOLKOVITZ, E.R., (1977). The mechanism of iron removal in estuaries. Geochim. Cosmochim. Acta 41. 1313-1324.

BRENNAN, R.F., GARTRELL, J.W. y ROBSON, A.D. (1980). Reaction of copper with soil affecting its availability to plants: I. Effect of soil type and time. Aust. J. Soil Res. 18. 447-459.

BRINDLEY, G.W. y BROWN, G. (1984). Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. Mineralogical Society. London. 495pp.

BROWN, G. (1980). The X-ray identification and Crystal Structures of Clay Minerals. Min. Soc. London.

BROWNLOW, A.H. (1979). Geochemistry. Prentice-Hall, Inc. Englewood cliffs, N.J. 0-7632. 498pp.

BRU de SALAS, E., GENESCA, J. y ALVAREZ PEREZ, A. (1982). Estudio geoquímico en la zona minera de "El Entredicho" Almadén (Ciudad Real). Bol. Soc. Min. 5. 149-157.

BRUEMMER, G.W., GERTH, J. y TILLER, K.G. (1988). Reaction kinetics of the adsorption and desorption of nickel, zinc and cadmium by goethite. I. Adsorption and diffusion of metals. J. Soil Sci. 39. 37-52.

BRUEMMER, G.W., TILLER, K.G., HERMS, U. y CLAYTON, P.M. (1983). Adsorption-desorption and/or precipitation-dissolution processes of zinc in soils. Geoderma. 31. 337-354.

BURRIEL, F. y GALLEGO, R. (1952). Cobalto en suelos españoles. An. Edaf. Fis. Veg. 11. 569.

BUSTILLO, M. (1985). Procesos de dolomitación en los materiales calcáreos aflorantes en el anticlinal de Carborrendo (Cantabria). Rev. mat. Proc. Geol. (3). 189-210.

CALA, V., R.SANCHIDRIAN, J. y GUERRA, A. (1985). Contaminación por metales pesados en suelos de la vega de Aranjuez. II. Tratamiento estadístico. Ann. Edaf. y Agrob., XLIV, n. 11-12. 1609-1622.

CALLOT, G., CHAMAYOU, H. y DUPUIS, M. (1978). Variation du pH de la solution des materiaux calcaires en relation avec la dynamique de l'eau. Elements d'analyse d'un système carbonaté. Ann. Agronomiques. 29. (1/2). 37-57.

CAMERLYNCK, R. y VELGHE, G. (1979). Criteria for the evaluation of the influences of trace elements on plants. In essential and non-essential trace elements in the system soil-water-plant. Ed cottenie A. Laboratory of analytical and agrochemistry-state University of Ghent.

CARPENA, O., LAX, A., VAHTRAS, K. y ROMERO, M. (1971). Capacidad de cambio y cationes de cambio en suelos calizos. An. Ed. y Ag.

CHESTER, R. (1965). Geochemical criteria for differentiating reef from non-reef facies in carbonate rocks. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. 39. 183-194.

CHURNET, H.G., MISRA, K.C. y WALKER, K.R. (1982). Deposition and dolomitization of Upper Knox carbonate sediments, Copper Ridge District, East Tennessee. Geol. Soc. Am. Bull. 93. 76-86.

CLARKE, F. (1924). U.S. Geol Surv. Prof. 135. (Citado por Geldschmidt, 1962).

Comisión de Métodos analíticos del Instituto Nacional de Edaf. y Agrob. "José María Albareda". (1973). Analytical determinations in soils standardization of methods. I. pH. Organic matter and nitrogen. An. Edaf. y Agrob. 32. 1153-1172.

COPPENET, M. (1956). Sur l'origine des carences en cuivre. Comptes rendus VI. Cong. Int. Sc. Sol. Paris B. 493-497.

COREY, R.B. (1981). Adsorption Vs precipitation. En: M.A. Anderson y A.J. Rubin (eds.). Adsorption of inorganics at solid-liquid interfaces. Ann Arbor Science. 161-182.

CORTEZ, A. y FRANZMEIER, D.P. (1972 a). Climosequence of ash-derived soils in the Central Cordillera of Columbia. Soil Science Soc. of America. Proceedings. 36. (4). 653-659.

CORTEZ, A. y FRANZMEIER, D.P. (1972 b). Weathering of primary minerals in volcanic ash-derived Soils of the central Cordillera of Colombia. Geoderma. 8. (2/3). 165-176.

CORRAL, L., ESPINO, C., GARCIA, F. y PANEQUE, G. (1988). Análisis micromorfológico de areniscas silíceas y calizas de suelos forestales de Grazalema (Cádiz). II Congreso Nacional de la Ciencia del suelo. 454-457.

CORRENS, C.W. (1961). The experimental chemical weathering of silicates. Clay Min. Bull. 4. 249-265.

COTTENIE, A. y KIEKENS, L. (1974). Quantitative and qualitative plant response to extreme nutritional conditions. Proc. 7th Intern. Coll. Plant Analysis and Fertilizer Problem, Hannover. 543-556.

COTTENIE, A. y CAMERLYNCK, R. (1980). Specific behaviour of some monocotyledon and decotyledon species with regard to excess of trace elements. 5th Intern. Coll. Control of Plant Nutrition. Castelfranco Veneto. Italy.

DEER, W.A., HOWIE, R.A. y ZUSSMAN, J. (1978). An introduction to the rock-forming minerals. Johnwiley and sons, Inc., New York.

DEGNE, H.E. (1976). Soils of arid regions. Develop in Soil Sci. 6. Eselvier North Holland Inc. New York.

DEYA SERRA, M.M. y ALVAREZ PEREZ, A. (1982). Evolución geoquímica de los sedimentos carbonatados de playa del Pleistoceno de Mallorca. Bol. Soc. Mineral. 5. 159-170.

DIAZ-BARRIENTOS, E., MADRID, L., CONTRERAS, M.C. y MORILLO, E. (1989). Simultaneous adsorption of zinc and phosphate on an iron oxide. Aust. J. Soil Res. (Enviado para publicación).

DIDAY, E., LEMAIRE, J., POUGET, J. y TESTU, F. (1982). Elements d'analyse de donnés. Ed. Bordas. Paris.

DIXON, J.B. y WEED, S.B. (1989). Minerals in soil Environments. Soil Sc. Society of America 2ed. 1244pp.

DOBROVOL'SKIY, V.V. y ALESHCHUKIN, L.V. (1964). Some geochemical characteristics of the northern taiga in the Kola peninsula. Sov. Soil. Sci. 10. 1036-1041.

DREGNE, H.E. (1976). Soils of arid regions. Develop in Soil Sc. 6. Elsevier North Holland. Inc. New York.

DUCHAUFOR, Ph. (1957). Sur le role de la matiere organique dans les phenomènes de lessivage et de pozolisation. C.R. Acad. Sci. 245. 1154-1157.

DUCHAUFOR, Ph. (1975). Manual de Edafología. Toray Masson. S.A. Barcelona.

DUCHAUFOR, Ph. y SOUCHIER, B. (1984). Edafología. I. Edafogénesis y clasificaciones. Ed. Masson. 493pp.

DUVAL, L. (1963). Existences de graves carences en cuivre dans le sols greseux de la Basse-Normandie et du Bas-Maine. C.R. Acad. Agric. 49. 1216-1220.

DUVAL, L. (1967). Sur la teneur en cuivre des sols granitiques de la Basse-Normandie et du Bas-Main. Bull. Mayenne Sciences. II. 91-98.

ECKERT, J.M. y SHOCKOVITZ, E.R. (1976). The flocculation of iron, aluminium, and humates from river water by electrolytes.. Geochim. Cosmochim. Acta 40. 847-848.

ENGEL, A.E. y PATTERSON, C. (1957). Isotopic composition of lead in Leadville limestone, hydrothermal dolomite, and associated ore. Geol. Soc. Am. Bull. 68. 1723-1731.

F.A.O. (1977). Guías para la descripción de perfiles de suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma.

FENNER, P. y HAGNER, A.F. (1967). Correlation of variations in trace elements and mineralogy of the Esopus Formation. Geochim. Cosmochim. Acta, 31. 237-261.

FIGUEROA, M.E. y RUBIO, T.C. (1981). Las marismas del Odiel. Descripción de la vegetación y medio físico. Coloquio Hispano-Francés sobre espacios litorales. Escuela de Montes. Madrid. 115-129.

FYSH, S.A. (1983). Mosbauer effect studies of iron in Kaolin. I. Structural iron. Clays and clay Miner. 31. 285-292.

FORDHAM, A.W. y NORRISH, K. (1983). The nature of soil particles particularly those reacting with arsenate in a series of chemically treated samples. Austr. J. Soil Res. 21. 455-477.

FORSTER, V., CALMANO, W. y CONRADT, F. (1981). Chemical speciation of heavy metals in solid waste materials (sewage, sludge, minimo wastes, dedged materials, polluted sediments) by sequential extraction. International conferences Heavy Metals in the Environmment. Amsterdam. 698-704.

FOURNEAU, F. (1983). La provincia de Huelva y los problemas del desarrollo regional. Exma. Diputación Provincial de Huelva. Instituto de Estudios Onubenses "Padre Marchena".

FRIEDMAN, G.M. (1965). Ocurrence and Stability relations hips of aragonite, high-magnesian calcite and low magnesian calcile under deep-sea conditions. Geol. Soc. Am. Bull. 76. 1191-1196.

GALAN, E. y MARTIN VIVALDI, J.L. (1973). Caolines españoles. Geología Mineralogía y génesis. Parte I. Bol. Soc. Esp. Ceram. y Vidr. 12. 79-80.

GALAN, E. y PEREZ RODRIGUEZ, J.L. (1989). Geología de Sevilla y alrededores y características geotécnicas de los suelos del área urbana. Ed. Ayuntamiento de Sevilla. 255pp.

GALLEGO, R. y BUENO, C. (1959). Contenido y distribución de manganeso en suelos del centro y norte de España. Anal. Edaf y Fis. Veg XVIII. 398-388.

GAMBLE, D.S., SCHINITZER, M. y HOFFMAN, I. (1970). Cu^{2+} fulvic acid and chelation equilibrium in 0,1M KCl at 25°C. Canadian J. Chem. 48. 3197-3204.

GARCIA GOMEZ, A.M. (1962). Geoquímica del Cobalto en los suelos de Andalucía Occidental. Tesis Doctoral. Univ. de Sevilla.

GARRELS, R.M. y MACKENZIE, F.T. (1971). Evolution of Sedimentary Rocks. Norton. New York. 397pp.

GERRITSE, R.G. y VAN DRIEL, W. (1984). The relationship between adsorption of trace metals, organic matter and pH in temperate soils. *J. Environ. Quality* 13. 197-203.

GHANEM, S.A. y MIKKELSEN, D.S. (1988). Sorption of zinc on iron hydrous oxide. *Soil Sci.* 146. 15-21.

GOLDSCHMIDT, V.M. (1937). The principles of distribution of chemical elements in minerals and rocks. *Chem. Soc. London. Jour. P.I.* 655-673.

GOLDSCHMIDT, V.M. (1945). The geochemical background of minor elements distributions. *Soil Sci.* 60. 1-7.

GOLDSCHMIDT, V.M. (1954). *Geochemistry*. Alex. Muir. Oxford. 730pp.

GONI, J. (1966). Contribution à l'étude de la localisation et de la distribution des éléments en traces dans les minéraux et les roches granitiques. *Memoire B.R.G.M.* 45. 68pp.

GONZALEZ FERNANDEZ, J.L. (1983). Caracterización de la materia mineral de suelos forestales de la Serranía de Grazalema. Cadiz. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

GONZALEZ G^a, F. y MAZUELOS, C. (1960). Geoquímica y ciclo del Mn en suelos calizos. Contenido en Mn total y características generales de los suelos del Valle del Guadalquivir. *An. Edaf.* 19. 591-683.

GONZALEZ G^a, F. y GARCIA GOMEZ, A.M. (1964). Geoquímica del Cobalto en los suelos de Andalucía occidental. II Distribución de cobalto total según el tamaño de partícula. *Ann. Edaf. Agrobiol.* 24. 447-460.

GONZALEZ, J.L., MERIDA, J., CORRAL, L. y PANEQUE, G. (1987). Caracterización de rocas calcáreas sobre las que se desarrollan suelos forestales de la Reserva de Grazalema. *Cádiz. Estudios Geol.* 43. 387-392.

GONZALO TARIN, J. (1886). Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva. 43pp.

GOODMAN, B. y CHESHIRE, M.V. (1975). The bonding of vanadium in complexes with humic acids. J. Soil Sci. 27. 337-347.

GOVINDARAJU, K. (1989). Geostandards, XIII, Special Issue: 01 Appendix I.

GRAF, D.L. (1960). Geochemistry of carbonate sediments and sedimentary carbonate rocks, parte III: minor elements distribution. Illinois state. Geol. Sur. Cir 301. 701pp.

GRAINDOR, M.J. (1959). Age des granites granitisation et magmatisation dans le Massif armoricain. B.S.G.F. 555-566.

GRAINDOR, M.J. (1961). A propos des mouvements varisques dans le Massif armoricain. C.R. Som. S.G.F. I carta. 54-56.

GRIFFITH, S.M. (1980). Hydrazine derivatures at Fe^{3+} sites in humic materials. Geoderma. 23. 299-302.

GUITTIAN, F. y CARBALLAS, T. (1976). Técnicas de análisis de suelos. Ed. Picro-sacro. Santiago de Compostela.

GUY, R.D., CHAKRABARTI, C.L. y SCHIRDMIN, L.L. (1975). The application of a simple chemical model of natural waters to metals fixation in particulate matter. Canadian J. Chem. 53. 661-669.

HARMAN, H.H. (1980). Análisis factorial moderno. Ed. Saltés. Madrid.

HARTER, R.D. (1983). Effect of soil pH on adsorption of lead, copper, zinc and nickel. Soil Sci. Soc. Am. J. 47. 47-51.

HARTREE, R. y VEIZER, J. (1982). Lead and Zinc distribution in carbonate rocks. *Chem. Geol.* 37. 351-365.

HENDRICKSON, L.L. y COREY, R.B. (1981). Effect of equilibrium metal concentrations on apparent selectivity coefficients of soil complexes. *Soil Sci.* 131. 163-171.

HEWETT, D.F. (1928). Dolomitization and ore deposition. *Econ. Geol.* 23. 821-863.

HOYOS, A., PALOMAR, M.L. y GALVAN, J. (1970). Estudio de algunas calizas de la región guipuzcoana. *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)* 68. 219-242.

HOYOS, A., PALOMAR, M.L. y HERNANDO, M.I. (1976). Estudio químico y mineralógico de unas rocas de la región guipuzcoana. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Geol.* 74. 63-80.

I.N.I.A. (1977). *Agroclimatología de España*. Ministerio de Agricultura. Cuad. n.7.

IRVING, H. y WILLIAMS, R. (1948). Order of stability of metal complexes. *Nature (London)*. 165. 746-747.

JACKSON, M.L. (1956). *Soil chemical analysis*. Advanced Course. Published by the author. 2º ed. Madison. Wisc. USA. 991pp.

JACKSON, M.L. (1968). Weathering of primary and secondary minerals in soil 9th International Congress of Soil Science Adelaide. *Transactions. Sydney, Angus.* 4. 281-292.

JACKSON, M.L. (1982). *Análisis químico de suelos*. 4ª ed. Ed. Omega. Barcelona.

JACQUIN, F. y BRUCKERT, S. (1965). Identification et evolution des acides hydrosolubles de deux litières forestières. *C.R. Acad Sci.* 260. 4556-4559.

JAMBU, P. (1971). Contribution à l'étude de l'humification dans les sols hydromorphes calciques. Tesis Doc. Univ. Poitiers. Francia. 197pp.

JEPSON, W.B. y ROWSE, J.B. (1975). The composition of kaolinite -An electron microscope microprobe study. Clays and clay Miner. 23. 310-317.

JIMENEZ BALLESTA, R., IBAÑEZ, J.J., MONTURIOL, F., ALCALA, L. y PALOMAR, M.L. (1989). Fraccionamiento y distribución de óxidos de hierro en superficies de tipo raña y altas terrazas al sur del macizo de Ayllon y Somosierra (Sistema Central). An. Edaf. y Agrob. 1363-1378.

JURINAK, J.J. y BAUER, N. (1956). Thermodynamics of zinc adsorption on calcite dolomite and magnesite-type minerals. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20. 466-471.

JURINAK, J.J. y GRIFFIN, R.A. (1972). Nitrate ion adsorption by calcium carbonate. Soil Sci. 113. 130-135.

KABATA-PENDIAS, A. y PENDIAS, H. (1984). Trace elements in soils and plants C.R.S. Press. Inc. Boca Ratón (Florida). 315pp.

KAISER, H.F. (1962). Formulas for components Scores. Psych. 27. 83-87.

KERNDORFF, H y SCHNITZER, M. (1980). Sorption of metals on humic acid. Geochimica et Cosmochimica Acta. 44. 1701-1708.

KINNIBURGH, D.G. (1983). The H/M exchange stoichiometry of calcium and zinc adsorption by ferrihydrite. J. Soil Sci. 34. 759-768.

KLUG y ALEXANDER (1974). X-ray Diffraction procedures for pollystalline and amorfous materials. 5. Wiley and Sons. New York.

KOVDA, V.A. y VASIL'EYVSKAYA, V.D. (1958). A study of the minor elements contents in soils of the Amur river area. *Sov. Soil. Sci.* 12. 1369-1377.

KRAUSKOPF, K.B. (1967). *Introduction to geochemistry* McGraw-Hill Book Company. New York. 721pp.

KRYM, I. (1964). Microelements in the soils of the Ural Sakmara interfluve. *Sov. Soil. Sci.* 10. 1069-1073.

KUO, M. y HELMAN, R. (1983). Distribution and forms of copper, zinc, cadmium, iron and manganese in soils near a copper smelter. *Soil Sci.* 135. 101-109.

KUO, S. y McNEAL, B.L. (1984). Effects of pH and phosphate on cadmium sorption by a hydrous ferric oxide. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48. 1040-1044.

LAPADU-HARGUES, P. (1968). *Conferences de Geochimie.* Clermont-Ferrand. 179pp.

LOEPPERT, R.H. y HOSSNER, L.R. (1984). Reactions of Fe^{2+} and Fe^{3+} with calcite. *Clays Clay miner.* 32. 213-222.

LOSSAINT, P. (1959). *Etude experimentale de la mobilisation du fer des sols sous l'influence des litières forestières.* Tesis Doc. Univ. Estrasburgo. Francia. 107pp.

LOUGHMAN, F.C. (1969). *Chemical Weathering of silicate minerals.* Elsevier. New York. 154pp.

MALTTIGOD, S.V. (1981). *Speciation of heavy metals in soils.* Proceeding International Conference Heavy Metals in the Environment. Amsterdam.

MAQUEDA, C. (1970). *Determinación de Elementos-Traza. Distribución en las distintas fracciones del suelo.* Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

MAQUEDA, C. y PEREZ RODRIGUEZ, J.L. (en prensa). Distribution of iron, aluminium and manganese in soils with a high iron content from Southern Spain. Soil Sci.

MAQUEDA, C., PEREZ RODRIGUEZ, J.L. y LACHICA, M. (1978). Mineralogical constitution and oligoelements content of clay fraction from Andalusian soils. Ins Symp. Soil Fest. Improv. and clay Min. 461-468.

MARTIN POZAS, J. (1968). Análisis cuantitativo por difracción de rayos X de filosilicatos de arcillas. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

MAZUELOS, C. (1960). Contribución al conocimiento de la geoquímica, forma y ciclo del manganeso en suelos calizos. Tesis Doctoral. Univ. de Sevilla.

McBRIDE, M.B. (1979). Chemisorption and precipitation of Mn^{2+} at $CaCO_3$ surfaces. Soil Sci. Soc. Am. J. 43. 693-698.

McBRIDE, M.B. (1980). Chemisorption of Cd^{2+} on calcite surfaces. Soil Sci. Soc. Am. J. 44. 26-28.

McGRATH, S.P., SANDERS, J.R. y SHALABY, M.H. (1988). The effect of soil organic matter levels on soil solution concentrations and extractabilities of manganese, zinc and copper. Geoderma. 42. 177-188.

McINTIRE, W.L. (1963). Trace element partition coefficients. -a review of theory and application to geology. Geochim. Cosmochim. Acta 27. 1209-1264.

McKEAGUE, J.A. y DAY, J.H. (1966). Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. Canadian Journal of Soil Science. 46. 13-22.

McKENZIE, R.M. (1967). The sorption of cobalt by manganese minerals in soils. Austr. J. Soil. Res. 5. 235-246.

McKENZIE, R.M. (1970). The reaction of cobalt with manganese dioxide minerals. Austr. J. Soil Res. 8. 97-106.

McKENZIE, R.M. (1972). The sorption of some heavy metals by the lower oxides of manganese. Geoderma. 8. 29-35.

McKENZIE, R.M. (1980). The adsorption of lead and other heavy metals on oxides of manganese and iron. Aust. J. Soil Res. 18. 61-73.

McLAREN, R.G., SWIFT, R.S. y WILLIAMS, J.G. (1981). The adsorption of copper by soil materials at low equilibrium solution concentrations. J. Soil Sci. 32. 247-256.

MEADS, R.E. y MALDEN, P.J. (1975). Electron Spin resonance in natural Kaolinites containing Fe^{3+} and other transition metal ions. Clay Miner. 10. 313-345.

MEANS, J.L., CRERAR, D.A. y BORCSIK, M.P. (1978). Adsorption of Co and selected actinides by Mn and Fe oxides in Soils and sediments. Geochim. Cosmochim. Acta 42. 1763-1773.

MEDINA, M. (1975). Estudio químico y morfológico de suelos del valle del Guadalquivir (Zona Posadas-Fuente Palmera). Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

MEHRA, O.P. y JACKSON, M.L. (1960). Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clays clay. Miner. 7. 317-327.

MENDELOVICI, E. YARIV, S. y VILLALBA, R. (1979). Iron bearing Kaolinite in Venezuelan laterites. I. Infrared spectroscopy and chemical dissolution evidence. Clay Miner. 14. 323-331.

MONTEAGUDO, J. (1980). Evolución geodemográfico de un sector periurbano de Huelva. Publicaciones del Colegio Universitario de la Rabida Huelva.

MONTEALEGRE, L. (1976). Mineralogía de sedimentos y suelos (depresión del Guadalquivir). Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

MOURA, M.L. y KROONENBERG, S.B. (1988). Mayor and minor elements Geochemistry and mineralogy of four soil profiles from Araracuara, Colombian Amazonas. *Catena*. (15). 81-97.

M'RABET, A. (1981). Differentiation of environments of dolomite formation, lower Cretaceous of Central Tunisia. *Sedimentology*. 28. 331-352.

MUDARRA, J.L., FREDDY, A., CARLOS, F. y SERGIO, G. (1981). XVIII Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal. C.E.B.A.C. Sevilla.

MUDARRA, J.L. y LEVENTHAL, S. (1986). Descripción de perfiles de suelo. XXIII Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal. Sevilla.

MUNSELL COLOR DIVISION (1971). Munsell Color charts. Baltimore. Maryland. USA.

NAKOS, G. (1983). Total concentrations of Mn, Zn y Cu in certain forest soils in Greece. *Plant and Soil*. 74. (1). 137-140.

NORRIS, K. (1975). The geochemistry and mineralogy of trace elements in soil-plant-animal Systems. Nicholas D.J.D. and Egan A.R. Eds. Academic Press. New York. 55.

OERTEL, A.C. y GILES, J.B. (1963). Trace element contents of some Queensland soils. *Aust. Journal. Soil. Res.* 1. 215-222.

ONG, H.L., SWANSON, V.E. y BISQUE, R.E. (1970). Natural organic acids as agents of chemical weathering U.S. Geol. Survey Prof. Papers 700c. 130-137.

PADMANABHAM, M. (1983 a). Adsorption-desorption behaviour of copper (II) at the goethite-solution interface. Aust. J. Soil Res. 21. 308-320.

PADMANABHAM, M. (1983 b). Comparative study of the adsorption-desorption behaviour of copper (II), Zinc (II), cobalt (II) and lead (II) at the goethite-solution interface. Aust. J. Soil Res. 21. 515-525.

PASTERNAK, K. y GLINSKI, J. (1969). Some trace elements in mineral soils of the bottom of ponds. Pol. J. of Soil Sci. 2. 15-24.

PEDRO, G. (1966). Essai sur la caracterisation geoquimique des differents processus zonaux resultant de l'alteration des roches superficielles (cycle aluminosilicique) G.R. acad Sci. 262. D. 1828-1831.

PEDRO, G. y DELMAS, A.B. (1970). Les principes Geochimiques de la distribution des éléments-traces dans les Sols. Ann. Agron. 21. (5). 483-518.

PEREZ RODRIGUEZ, J.L., MAQUEDA, C. y JUSTO, A. (1990). Mineralogy contain phyrophyllite. Isolation and identification of the mineral Soil. Sci. 4.

PICCOLO, A. y STEVENSON, F.J. (1981). Infrared Spectra of Cu^{2+} , Pb^{2+} and Ca^{2+} complexes of soil humic substances. Geoderma 27. 195-208.

PINTA, M. y OLLAT, C. (1961). Recherches physico chimiques des éléments traces dans les sols tropicaux Etude de quelques sols du Dahomey. Geochim. Cosmochim. Acta. 25. 14-23.

PRASADA, C. y NAQUI, I.H. (1977). Petrography, geochemistry and factor analysis of a Lower Ordovician subface. Sequence, Tasmania, Australia. Jour. Sed. Petrol. 47. 1036-1055.

PRIMO YUFERA, E. y CARRASCO DORRIEN, J.M. (1973). Química Agrícola. I. Suelos y Fertilizantes. Ed. Alhambra. 472pp.

PURVES, Q. (1972). Consequences of trace-elements contamination of Soil. Environ Pollent. (3). 17-24.

PUZZUOLI, A., MATTIAS, P. y GALAN, E. (1972). Mineralogía di sedimenti. Abbruzzesi. Period. di Mineral. 41. 611-655.

RADOSLOVICH, E.W. y NORRISH, K. (1962). The cell dimensions and symmetry of layer lattice silicates. I. Some structural considerations. American Mineralogist. 47. 599-616.

RANKAMA, K.E. (1946). On the geochemical differentiation in the earths crust. Bull. Comm. Geol. Finlande. 137pp.

RANKAMA, K. y SAHAMA, T.G. (1950). Geochemistry. Chicago. University of Chicago Press. 912pp.

RANKAMA, K.E. y SAHAMA, G.T. (1954). Geoquímica. Ed Aguilar. Madrid. 862pp.

RASHID, M.A. (1971). Role of humic acids of marine origin and their defferent molecular weights in complexing di- and tri-valent metals. Soil. Sci. 111. 298-306.

RAUTA, C., LACATUSU, R., MIHAICESCU, A., MONTEANU, J. y GRIGORIAS, C. (1981). Geoquimical distribution of metal trace elements in soils of the southeastern Danube delta zone. Bodeskundluchen Gessellschaft. 32. 253-261.

REAVES, G.A. y BERROW, M.L. (1984). Total lead concentrations in Scottish soils. Geoderma. 32. (1). 9-20.

RECIO, P., GARCIA GONZALEZ, M.T. y GARCIA VICENTE, J. (1985). Alfisoles de los montes de Toledo II. Perfil Typic Palexeralf. Estudio mineralógico de la fracción arcilla por métodos térmicos. Determinaciones analíticas elementales. Ann. Edaf. y Agrob. 44. (1). 649-661.

REUTHER, R., WRIGHT, R.F. y FORSTER, V. (1981). Distribution and chemical forms of heavy metals in sediment cores from two norwegian lakes effected by acid precipitation. International conference Heavy Metals in the Environment. Amsterdam. 318-321.

RINCON, A., LOPEZ DE AZCONA, C. y ALVAREZ, C. (1977). Estudio geomatemático de rocas carbonatadas en la provincia de Segovia. Estudios Geológicos. 33. 581-587.

RODRIGUEZ RUBIO, P. (1990). Comunicación personal.

ROSLER-LANGE. (1972). Geochemical tables. Elsevier Publishing Comp. Amsterdam. London. New York. 468pp.

RYAN, P. y WALSH, T. (1966). Character study of soils developed on wechsell glacial deposits in Ireland. Proc. R. Jr. Acad. 64 B. 465-507.

SAZOSKI, R.J. y BURAU, R.G. (1988). Sorption and sorptive interaction of cadmium and zinc on hydrous manganese oxide. Soil Sci. Soc. Am. J. 52. 81-87.

SAXBY, J.D. (1976). The significance of organic matter in ore genesis. In hand book of strata-bound and strateform ore deposits. Geochemical studies. Ed. by K.H. Wolf. Elsevier. New York. (2). 111-133.

SCHNITZER, M. (1969). Reaction between fulvic acid, a soil humic compound and inorganic soil constituents. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33. 75-81.

SCHNITZER, M. (1981). In: Migrations organo-minerales dans les sols tempérés. Coll. Intern. C.N.R.S. Nancy. 1979. 229-234.

SCHORIN, H. (1983). Behaviour of the trace elements Zr, Ga, Zn, Cu Ni, Mn, Cr, Ca, Sr and Ba during the lateritiweathering of a diabase sill from the Serrania de los Guaicas. Venezuela. En: The significance of trace elements in solving petrogenetic problem and controversies. Ed. Prof. SS. Angustithis Theophrasfus publications S.A. Atenas. Grecia. 695-713.

SCHROLL, E. y SAUER, D. (1964). Ein Beitrag zur geochemie der seltenen Elements in Bauxiten. Symposium sur les bauxites, oxides et hydroxides d'aluminium (Zagreb). (1). 201-225.

SENESI, M., GRIFFITH, S.M. y SCHNITZER, M. (1977). Binding of Fe^{3+} by humic materials. Geochim. Cosmochim. Acta 41. 969-976.

SHAW, D.M. (1964). Interprétation geochemique des éléments en traces dans les roches cristallines. Masson. Paris. 237pp.

SHIEH, Y.N. y HAKSIMOVIC, Z. (1982). Oxigen isotope study of chromiun-bearing kaolinite and dickite from Testic. Yugoslavia. Clays Clay Miner. 30. 318-320.

SHOLKOVITZ, E.R. (1976). Flocculation of dissolved organic and inorganic matter during the mixing of river water and sea water. Geochim. Cosmochim. Acta 40. 831-845.

SILJESTRON, P., CLEMENTE, L., VIÑAS, A. y GIL, A. (1988). Evolución edáfica sobre las arenas basales del Llano de Huelva. II Congreso Nacional de la Ciencia del suelo. Sevilla.

SINGH, B. y SEKHON, G.S. (1978). Leaching of nitrate in calcareous soil as influenced by its adsorption on calcium carbonate. Geoderma. 120. 271-279.

SOIL SURVEY STAFF (1975). Soil taxonomy: A basic system of soil classification of marking and interpreting soil surveys. USDA. Hamdb: 436. U.S. Gov. Print office, Washington. D.C.

SOON, N. y BATES, R. (1982). Chemical pools of cadmium, nichel and zinc in polluted soil and some preliminary indications of their availabilitily to plants. J. Soil Sci. 33. 477-488.

SPOSITO, G. (1986). Distinguishing adsorption from surface precipitation. En: J.A. Davis y K.F. Kayer (eds.). Geochemical processes at mineral surfaces. ACS Symp. Series 323. Am. Chem. Soc. Washington, D.C. 217-228.

STEVENSON, F.J. (1976). Stability constants of Cu^{2+} , Pb^{2+} y Cd^{2+} complexes with humic acids. Soil Sci. Soc. Amer. J. 40. 665-672.

STEVENSON, F.J. (1977). Nature of divalent transition metal complexes of humic acids as revealed by a modified potentiometric titration method. Soil Sci. 123. (1). 10-17.

STEVENSON, F.J. (1982). Organic Matter reactions involving metal ions in soil. En: Humus chemistry. Genesis, Composition, Reactions. Wiley-Interscience. New York. 443pp.

STEVENSON, F.J. y ANDAKANI, M.S. (1972). Organic matter reactions involving micronutrients in soils. In Micronutrients in Agriculture. Mortuedt F.M. Giordano y W.L. Lindsay. Am. Soc. of Agronomy Madison, Wisconsin. 79-114.

STEVENSON, F.J. y FITCH, A. (1981). Reactions with organic matter. In Copper in soils and Plants. Ed J. F. Loneragan. A.D. Robson and R.D. Graham. Ac. Press. New York. 69-95.

SUAREZ, D.L. y RHOADES, J.D. (1982). The apparent solubility of calcium carbonate in soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 46. 716-722.

SWAINE, D.J. (1955). The trace-element content of soils commocrewealth bureau of soil science technical communication. England. 48.

SWAINE, D.J. y MITCHELL, R.L. (1960). Trace element distribution in soil profiles. J. Soil. Sci. 11. (2). 347-368.

SWINDALE, L.D. y JACKSON, M.L. (1956). Genetic processes in some residual podzolised soils of New Zealand 6th. Intern. Congress. of Soil Sciences. Paris. V.E. 233-239.

SZALAY, A. y SZILAGYI, M. (1967). The association of vanadium with humic acids. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 31. 1-6.

SZILAGYI, M. (1971). Reduction de Fe^{3+} ion by humic acid preparations. *Soil Sci.* 111. 233-235.

TAN, K.H., KING, L.D. y MORRIS, H.D. (1971). Complex reactions of zinc with organic matter extracted from Sewage sludge. *Soil Sci. Soc. Am: Proc.* 35. (5). 748-751.

TAYLOR, R.N., MCKENZIE, R.N. y NORRISH, K. (1964). The mineralogy and chemistry of manganese in some australian soils. *Austr. J. Soil Res.* 2. 235-248.

TAYLOR, R.M. y MCKENZIE, R.M. (1966). The association of trace elements with manganese minerals in Australian Soils. *Austr. J. Soil. Res.* 4. 29-39.

TERRERO, J. (1952). La tierra Llana de Huelva, estudio geográfico de la Comarca. *Estudios geográficos.* 49. 671-698.

TIETJEN, C. (1975). Principal problems of the use of city wastes for crop production and soil conservation. In *F.A.O. Soil Bull.* 27. 221-226.

TRAINA, S.J. y DONER, H.E. (1985). Heavy metal induced release of manganese (II) from a hydrous manganese dioxide. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49. 317-321.

TUREKIAN, K.K. (1977). The fate of metals in the oceans. *Geochim. Cosmochim. Acta* 41. 1139-1144.

TUREKIAN, K.K. y KULP, J.L. (1956). The Geochemistry of Strontium. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 10. 245-296.

UCHVATOV, P. (1979). Ecological structure and water regime of soil monitoring sites of a biosphere station. En: Ekosistemy yuzhnogo prodmoskov'ya (Ecosystems of the southern Moscow Region). Nanka. Moscow.

VEIZER, J. (1983). Chemical diagenesis of carbonates: theory and application of trace elements techniques. Ch. 3 in Arthur. M.A., et al. eds., Stable isotopes in sedimentary Geology. SEPM Short Course Notes 10.

VINOGRADOV, A.P. (1959). The geochemistry of rare and dispersed chemical elements in soils. 2nd Ed. Consultants Bur. New York. 209pp.

VIZCAYNO, C., GARCIA GONZALEZ, M.T. y GARCIA VICENTE, J. (1979). Relaciones entre los elementos mayoritarios, minoritarios y traza en dos suelos de las Islas Canarias. Ann. Edaf. y Agrob. 38. 505-520.

WAGER, L.R. y MITCHELL, R.L. (1950). The distribution of trace elements during strong fractionation of basic magma a further study of the skaergaard intrusion, East Greenland. Geochim. et Cosmoch. Acta 1. 129.

WALKLEY, A. y BLACK, I.A. (1934). An examination of the Degtajareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37. 29-38.

WEDEPOHL, K.H. (1969). Composition and abundance of common sedimentary rocks. In wedepohl, K.H. Ed. Handbook of Geochemistry. (1). 250-271.

WEISS, A. y RANGE, K.J. (1966). Uber titan im getter von kaolin. Proc. Int. Clay Conf. Jerusalem. 1. 53-66.

WIGLEY, P. (1973). The distribution of Strontium in limestones on Barbuda, West Indies. Sedimentology. (20). 295-304.

XIE, R.J. y MACKENZIE, A.F. (1988). The pH effect on sorption-desorption and fractions of zinc in phosphate treated soils. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 19. 873-886.

XIE, R.J. y MACKENZIE, A.F. (1989). Effects of sorbed orthophosphate on zinc status in three soils of eastern Canada. *J. Soil Sci.* 40. 49-58.

YAALON, D.H., JUNGREIS, C. y KOYUMDJISKY, H. (1972). Distribution and reorganization of manganese in three catenas of Mediterranean soils. *Geoderma.* 7. 71-78.

YAÑEZ, J., HUERTAS, F., BARAHONA, E., GUARDIOLA, J.L., LACHICA, M. y LINARES, J. (1984). Elementos traza en suelos. I. Relaciones con algunos componentes de suelo. I Congreso Nacional de Ciencias del suelo.

ZAZO, C. (1980). El cuaternario marino-continental y el límite plioleistoceno en el litoral de Cádiz. Tesis Doctoral. Universidad Complutense. Madrid. 436pp.

ZEMANN, J. (1969). Crystal chemistry In: Wedepohl, K. H., ed. *Handbook of Geochemistry.* V.1. Springer: Berlin. 12-36.

ZHENG, L., QI-QING, Z. y LI-HUA, T. (1983). Microelement in the main Soils of China. *Soil Sci.* 135. (1). 40-47.

ZUNINO, H. y MARTIN, J.P. (1977). Metal-binding organic macromolecules in soil: 1. Hypothesis interpreting the translocation of metal ions from rocks to biological systems. *Soil Sci.* 123. 65-76.

TOMO I

	<u>pág.</u>
OBJETIVOS GENERALES.....	1
I. INTRODUCCION.....	7
I.1. Los elementos químicos en la litosfera.....	8
I.1.1. Distribución de Elementos químicos en las rocas y materiales primarios.....	8
I.1.2. Principios generales de la distribución de los elementos químicos en el suelo....	14
I.1.2.1. Influencia del potencial iónico en la movilidad.....	16
I.1.2.2. Influencia de las condiciones físico químicas del medio.....	19
I.2. Relación de los elementos con los componentes orgánicos e inorgánicos de los suelos.....	28

I.2.1. Interacciones de la materia orgánica con los elementos químicos.....	28
I.2.1.1. Naturaleza de las interacciones elementos-sustancias húmicas.....	29
I.2.1.2. Solubilidad de los complejos metal-sustancias húmicas.....	35
I.2.1.3. Propiedades reductoras de los ácidos húmicos.....	37
I.2.1.4. Complejos materia orgánica-elementos en los sistemas naturales.....	37
I.2.1.5. Acción edafogenética de los agentes complejantes naturales.....	39
I.2.2. Presencia de los elementos químicos en los materiales inorgánicos del suelo.....	42
I.2.2.1. Relación de los elementos con los materiales carbonatados.....	42
I.2.2.2. Presencia de los elementos químicos adicionales en los minerales del suelo.....	49
I.2.2.3. Generalidades sobre los procesos de adsorción de los elementos por los óxidos.....	54
I.3. Elementos de interés biológico y en la agricultura.....	62

I.4. Tratamiento estadístico de parámetros de los suelos.....	71
II. MATERIALES Y METODOS EXPERIMENTALES	79
II.1. Materiales	80
II.1.1. Datos geomorfológicos de la provincia de Huelva	82
II.1.2. Aspectos climáticos, hidrografía y suelos	91
II.1.3. Descripción de los perfiles	104
II.2. Métodos experimentales	167
II.2.1. Preparación de las muestras	168
II.2.2. Determinaciones analíticas generales	168
II.2.2.1. Análisis mecánico	168
II.2.2.2. Determinación del carbono orgánico total	169
II.2.2.3. Determinación del nitrógeno	170
II.2.2.4. Determinación de Materia Orgánica y relación C/N	171
II.2.2.5. Determinación del pH	172
II.2.2.6. Determinación del contenido en car- bonatos	173
II.2.2.7. Determinación de la Capacidad de Cam- bio catiónica	173
II.2.3. Análisis químico del suelo total	175

II.2.4. Hierro y Aluminio extraíbles	177
II.2.5. Fluorescencia secuencial de Rayos X	178
II.2.6. Difracción de Rayos X	181
II.2.7. Análisis estadístico de datos	183
III. RESULTADOS Y DISCUSION	185
III.0. Presentación de los datos	186
III.1. Resultados y discusión de los distintos gru- pos de perfiles	192
III.1.1. Suelos desarrollados sobre areniscas	193
III.1.2. Suelos arenosos y sedimentos arcillo- arenosos	234
III.1.3. Suelos desarrollados sobre calizas y margas	316
<u>TOMO II</u>	
III.1.4. Suelos desarrollados sobre pizarras	362
III.1.5. Suelos desarrollados sobre granitos	394
III.1.6. Suelos desarrollados sobre vulcanitas ...	432
III.2. Discusión del estudio estadístico (análi- sis factorial) de los distintos grupos	461

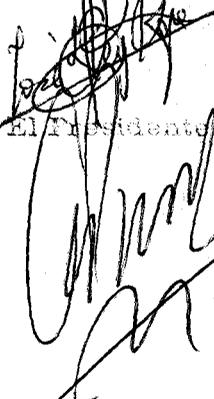
III.2.1.	Estudio estadístico de los parámetros analizados en perfiles e suelos sobre areniscas	462
III.2.2.	Estudio estadístico de los parámetros analizados en perfiles arenosos y sedimentos arcillo-arenosos	476
III.2.3.	Estudio estadístico de los parámetros analizados en perfiles de suelos sobre calizas y margas	489
III.2.4.	Estudio estadístico de los parámetros analizados en perfiles de suelos sobre pizarras	501
III.2.5.	Estudio estadístico de los parámetros analizados en perfiles de suelos sobre granitos	512
III.2.6.	Estudio estadístico de los parámetros analizados en perfiles de suelos sobre vulcanitas	525
IV.	CONCLUSIONES	539
V.	BIBLIOGRAFIA	590

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Reunido el Tribunal integrado por los abajo firmantes
en el día de la fecha, para juzgar la Tesis Doctoral de
ROQUE JIMENEZ PEREZ
titulada Contenido de elementos mayoritarios y minoritarios
y su relación con propiedades físico químicas en
solubles de sedos de la provincia de Sevilla. —
se acordó otorgarle la calificación de APTO CUM LAUDE

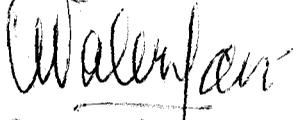
Sevilla, 14 de Noviembre 1990

El Vocal,

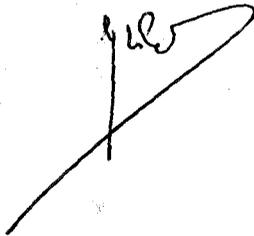


El Presidente

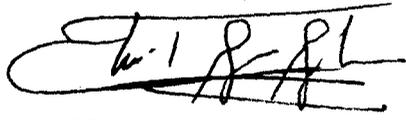
El Vocal,



El Secretario,



El Vocal,



El Doctorado,

