

DETERMINACION E INCIDENCIA DEL FONDO GEOQUIMICO DE LAS PIZARRAS ARENISCOSAS DEL TREMADOCIENSE SOBRE LAS CONCENTRACIONES MINERALES. ZOCALO DE LA RAMA SUR DE LA IBERICA. (PROV. DE SORIA Y ZARAGOZA)

A. Gutiérrez (*), J. Monseur (*), J. Guijarro (*), J.B. Alvarez (*) y A. Moreno (*)

RESUMEN

El estudio metalogénico realizado en las formaciones superiores del Tremadociense, pertenecientes a la rama occidental del zócalo de la Cordillera Ibérica, ha permitido clasificar, como sinsedimentarios-epigenéticos a muchos de los indicios minerales de Pb, Cu, Zn, Ag y Sb. Al ir ligados estos últimos a pizarras areniscosas (micropsammofilitas-psammitas) se ha determinado el fondo geoquímico (en Pb, Cu, Zn, Ag y Sb) en ellas y la incidencia que tiene sobre las concentraciones minerales. Se analizan estos elementos en más de 240 pizarras areniscosas procedentes de: La Alameda (Soria); Embid de Ariza, Bubierca y Pardos (Zaragoza).

El fondo obtenido para estos elementos es superior al que corresponde a las areniscas; respecto a las pizarras, el fondo es ligeramente superior para el Pb (16-25 p.p.m.) y el Zn (92-115 p.p.m.); muy superior para la Ag (0.31-0.77 p.p.m.) y el Sb (6-15 p.p.m.) y ligeramente del mismo orden para el Cu.

Las rectas de regresión confirman los estudios metalogénicos. El metalotecto geoquímico, junto con los metalotectos tectónico y litoestratigráfico, constituyen condiciones necesarias para justificar las concentraciones minerales en La Alameda y Bubierca pero no suficientes, debiendo invocar además el metalotecto paleogeográfico relacionado con la formación de un altafondo.

Palabras clave: *Pizarras areniscosas del Tremadociense, fondo geoquímico, control litoestratigráfico y paleogeográfico. Mineralizaciones de Pb, Cu, Zn, Sb y Ag. Cordillera Ibérica.*

ABSTRACT

The metallogenic study carried out in the upper formations of the Tremadocian on the occidental branch of the bedrock of the Iberian Range, has allowed us to classify as sinsedimentary-epigenetic many of the mineral occurrences of Pb, Cu, Zn, Ag and Sb present. As these occurrences are associated with the sandy shales ("micropsammofilitas-psammitas"), their geochemical background (in Pb, Cu, Zn, Ag and Sb) could be determined as well as their influence on the concentration of minerals present. The elements, were analysed in more than 240 sandy shales from: La Alameda (Soria); Embid de Ariza, Bubierca and Pardos (Zaragoza).

The background on these elements was shown to be higher than that of the sandstones; compared with the shales, the concentration of Pb and Zn was slightly higher (16-25 p.p.m. and 92-115 p.p.m. respectively) and substantially so in the case of Ag (0.31-0.77 p.p.m.) and Sb (6-15 p.p.m.). The concentration of Cu was the same.

The lines of regression corroborate the evidence of the metallogenic studies. The geochemical metalotect, together with the tectonic and stratigraphical metalotects represent necessary, but not sufficient conditions to justify the mineral concentrations in La Alameda and Bubierca; we must also employ the paleogeographical metalotect resulting in the formation of shallow.

Key words: *Sandy shales of Tremadoc, geochemical background, lithostratigraphic, palaeogeographic control, ore deposit Pb, Cu, Zn, Sb, Ag. Iberian Range.*

(*) Departamento de Geología y Geoquímica. Universidad Autónoma de Madrid.

Introducción

La zona estudiada en la rama sur del Zócalo de la Ibérica se extiende desde La Alameda (Prov. de Soria) hasta la Sierra de Pardos (Prov. de Zaragoza). (Fig. 1).

Las formaciones paleozoicas (Cámbrico inferior-Tremadociense) con una potencia de 4.500 m., están constituidas por tres series distintas: clástica inferior, calcárea arcillosa media y clástica superior (serie Ibérica). En particular, la serie superior —de más de 3.700 m. de espesor— se subdivide en cinco niveles litológicos, según Schmitz y Josopait, por lo general, a cada uno de estos niveles los dividen en tres unidades, aunque en ciertos lugares esta división no se ha podido realizar y le aplican entonces el término de indiferenciado. (Fig. 1 bis).

Respecto a los movimientos hercínicos y alpinos que han afectado a esta cordillera, de tipo in-

termedio y con una casi total ausencia de metamorfismo y falta de actividad magmática posthercínica (Julivert et al. 1974), se puede subrayar que los dos grupos de fallas (hercínicas y alpinas) presentan orientaciones idénticas: longitudinales (NO-SE dirección armoricana) y transversales (NE-SO).

Las características sedimentológicas se pueden resumir: sucesiones cuarcítico-areniscosas y alternancias que indican rápidos cambios laterales de facies; estructuras sedimentarias que, mostrando una dirección de transporte de sedimentos de este a oeste, implican un medio nerítico; alternancias de areniscas pizarras y sucesiones de pizarras con niveles poco potentes de turbiditas; sucesión de ciclos sedimentarios a gran escala que afectan en conjunto a la serie Ibérica. En particular, las pizarras se han clasificado como pizarras-areniscosas (micropsammofilitas a psammitas) con intercalaciones de pizarras carbonosas empaquetadas;

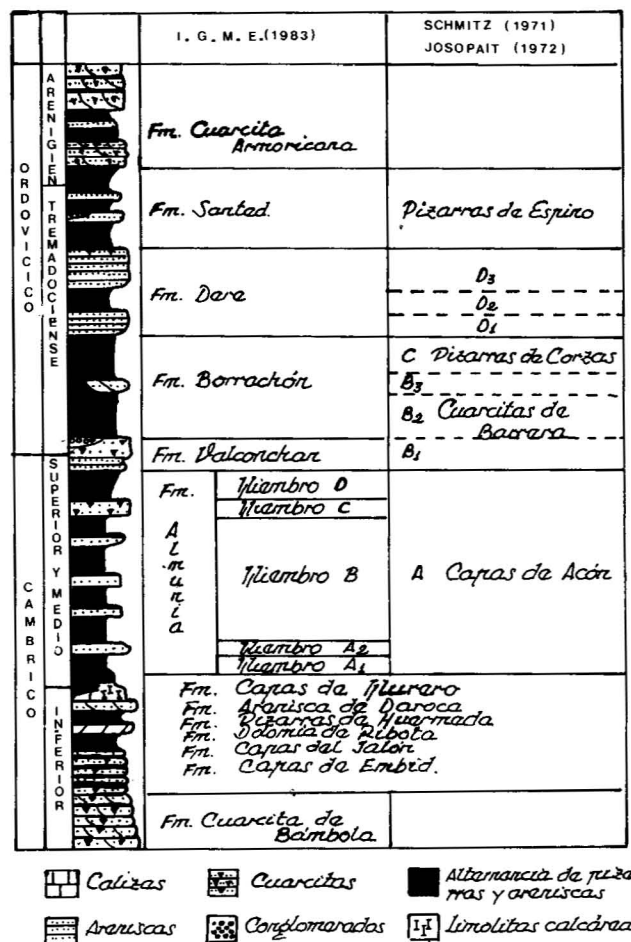
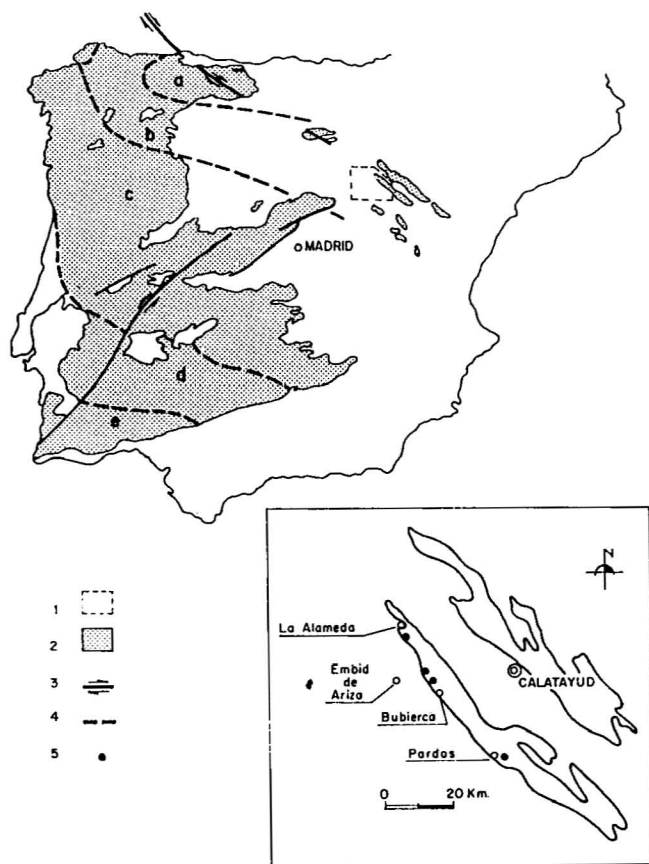


Fig. 1.—Situación de la zona de estudio y columna estratigráfica sintética del Cámbrico-Ordovícico.

micropsammofilitas (con menos del 10% de cuarzo, matriz sericitica 80-85% y con un 10-15% de óxidos-hidróxidos y opacos).

En toda la serie superior (niveles A, B, C, D y E, según Schmitz y Josopait) se ha apreciado el fenómeno de exudación del cuarzo, dando numerosos filones con dirección predominantemente N-30° O. En las areniscas y cuarcitas, estos filones alcanzan una potencia de hasta 1 m., reduciéndose a centímetros en las pizarras carbonosas (5 a 30 cm.) siendo éstos los que se encuentran mineralizados en sulfuros.

La prospección general de la zona y el estudio metalogénico de los niveles o formaciones Dere y B en particular (Gutiérrez, 1979; Monseur et al., 1975 y 1978; Gutiérrez y Monseur, 1980 y 1981) han permitido la localización estratigráfica de los indicios minerales, así como los diferentes tipos de mineralizaciones observados en toda la región (Tabla 1).

Las manifestaciones más importantes y el mayor número de indicios se localizan estratigráficamente en el Tremadociense y de forma más precisa:

- En el subnivel D₂ o en la zona de transición de los subniveles D₂/D₃(La Pedraza-Bubierca).
- En el nivel D indiferenciado: La Alameda (Peñalcazar), Embid y Pardos.

Geoquímica

Del estudio metalogénico se ha podido comprobar que la mineralización en estas cuatro zonas, de ley e importancia variables, está ligada a una facies pizarrosa determinada, de extensión lateral más o menos amplia, dentro de la antigua cuenca de sedimentación. El fenómeno de secre-

Tabla 1.—Síntesis de las mineralizaciones.

Estratigrafía		Lugar	Indicios	Exudación de cuarzo	Control	
TREMADOCIENSE	Horizonte E	—	—	—	—	
	Horizonte D	La Alameda Embid Bubierca Pardos	Pb, Ag, Zn, Cu, Sb Pb, Zn, Cu, Pb, Zn, Cu, Pb, Zn, Cu	(+) (+) + +	Estratigráfico y parcialmente tectónico.	
	Horizonte C	—	—	—	—	
	Horizonte B	Munébrega Vilueña Castejón de las Armas Ateca	Ba Ba, Sb Pb Sb, Pb, Zn Cu, Ba		Tectónico.	
CAMBRICO	SUP.	Horizonte A	Carabantes	Cu	+	Estratigráfico y parcialmente tectónico.
		Ateca (N)		Cu, Sb		Tectónico.
	MED.	Pizarras de Murero	—	—	—	—
	INFERIOR	Cuarcita de Daroca Piz. Huermeda Dolomia de Ribota	— — Moros	— — Fe	— —	— —
Pizarras de Bunte - Jalón Pizarras de Embid		— —	— —	— —	— —	— —

Rectas de Henry

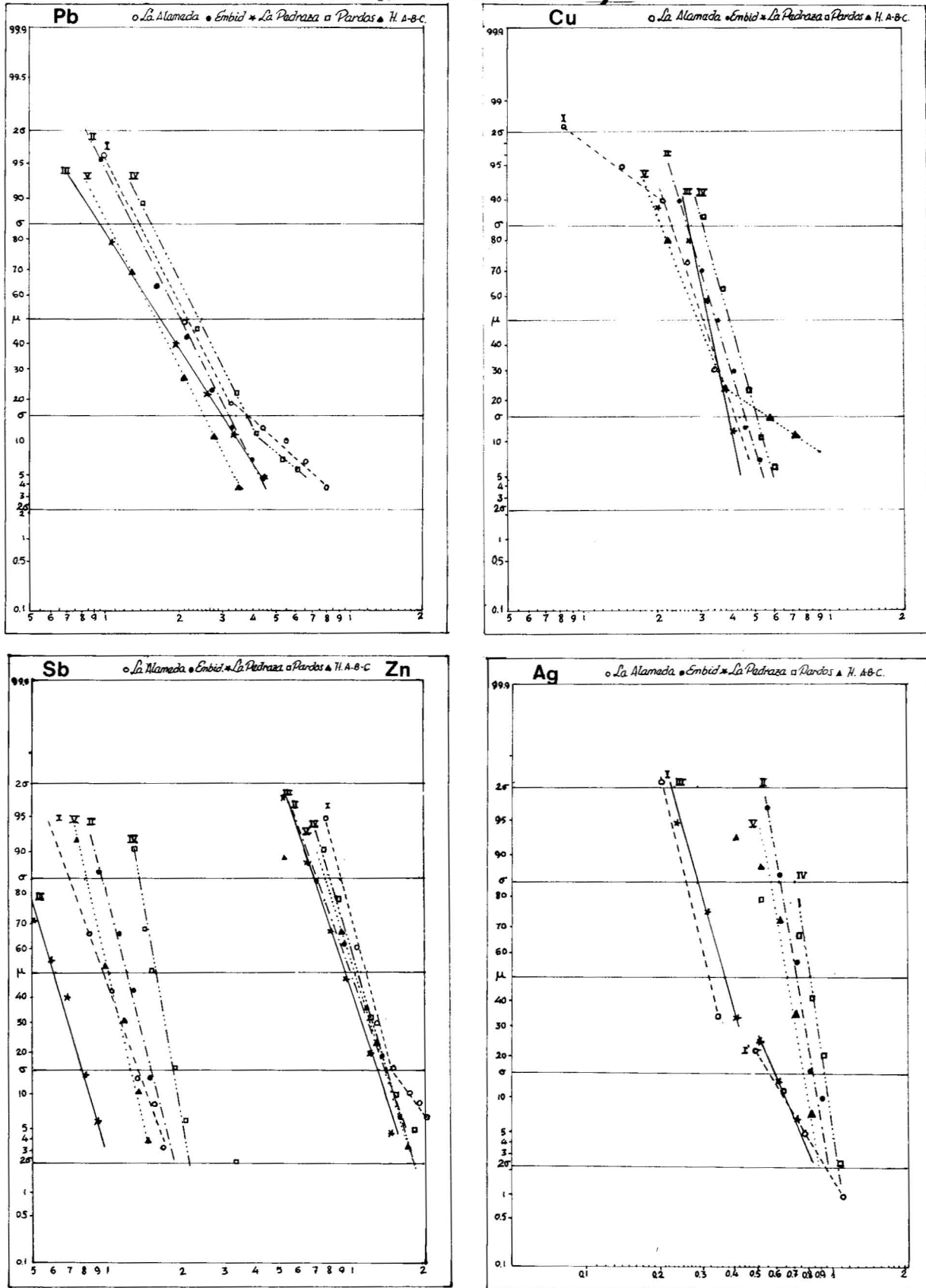


Fig. 2. 3, 4 y 5.—Estudio estadístico para Pb, Cu, Sb, Zn y Ag. (Rectas de Henry).

ción lateral adquiere una gran importancia en las concentraciones minerales y para explicar el mecanismo más probable de este fenómeno se han invocado: la tectónica, los aspectos físico-químicos que provocan la concentración de la sílice y de los metales asociados, el control paleogeográfico y el geoquímico (Gutiérrez Maroto, 1979).

Se ha analizado: Pb, Cu, Zn, Ag y Sb en 246 muestras: en La Alameda 59, distribuidas en 5 perfiles perpendiculares a la pizarrosidad y en puntos intermedios, cubriendo lateralmente 2.000 mts.; en Embid 30 en dos perfiles; en La Pedraza, 45 en tres perfiles (800 m.), en Pardos 82 en tres perfiles (1.500 m.) y en los niveles A, B y C indiferenciados (parte Norte) 10 en cada perfil y nivel (tabla II datos geoquímicos).

Metodología

El muestreo se ha realizado sobre pizarras areniscosas cogidas a:

- 30 ó 40 cms. de profundidad buscando que la alteración fuera la menor posible. El ataque químico ha sido por vía húmeda, digestión acida fuerte, propia para los sulfuros, empleada y descrita por Tindall. Las determinaciones se realizaron por A.A. con los métodos específicos.

Considerando que la distribución de los elementos sigue una ley próxima a la lognormal, se han construido las rectas de Henry para cada elemento en todas las zonas. Realizada la distribución de frecuencias y representadas en papel probabilístico lognormal, se han obtenido los valores significativos para la determinación del fondo geoquímico.

Discusión y consideraciones

Pb (Fig. 2)

En La Alameda (I) nos indica la presencia de dos poblaciones diferentes: una correspondiente a un 20%, cuya dispersión es muy grande, comparada con la otra, y que puede ser la que motiva la mineralización. La otra, constituida por el 70%, muestra una gran homogeneidad con Embid y Pardos, destacando únicamente el fondo ligeramente superior de Pardos e inferior de Embid.

Pardos (IV) presenta dos poblaciones también, una con tendencia a la mineralización, si bien no pasa de ser de un 10%.

Los valores determinados en p.p.m. para la media y los valores $\mu - \sigma$ y $\mu + \sigma$ son:

	Alameda (I)	Embid (II)	Pedraza (III)	Pardos (IV)	Horizontes ABC (V)
$\mu - \sigma$	14	13	9	15	10
μ	22	20	17	25	16
$\mu + \sigma$	34	32	29	38	25

Así pues, respecto al Pb el fondo geoquímico de las pizarras areniscosas se puede dar como valor más probable entre 16 y 25 p.p.m. con variaciones de 10 a 38 p.p.m.

Cu (Fig. 3)

Al igual que ocurre con el Pb, el ajuste de las rectas para el Cu en las cinco zonas es muy similar, mostrando una misma dispersión en general, con pequeñas variaciones. En concreto:

El mayor fondo y la mayor dispersión se presentan en Pardos (IV), confirmando así los abundantes indicios de calcopirita-malaquita.

La Alameda (I) presenta únicamente una población del 60%, dando otra de un 15% con tendencia inferior al fondo.

En los horizontes A, B y C aparece una población de un 20%, con una dispersión mucho mayor, que materializa un horizonte portador en Cu de unos 50 m. de potencia.

Respecto a Embid y Pedraza (II y III) es mayor la dispersión de Embid, lo que hace esperar que en ésta se llegue antes al límite de la mineralización, atendiendo únicamente al metalotecto geoquímico.

La media y los valores $\mu - \sigma$ y $\mu + \sigma$ para el Cu en p.p.m. es:

	Alameda (I)	Embid (II)	Pedraza (III)	Pardos (IV)	Horizontes ABC (V)
$\mu - \sigma$	23	27	27	31	21
μ	31	34	32	39	29
$\mu + \sigma$	41	45	39	51	43

Así pues, respecto al Cu el fondo geoquímico de las pizarras areniscosas se puede dar como valor más probable entre 29 y 39 p.p.m. con variaciones entre 21 y 51.

Tabla 2.—Datos geoquímicos (en p.p.m.).

La Alameda

*	Pb	Cu	Zn	Ag	Sb
1	34.5	26.4	79	.3	8
2	73	27.6	134	.5	15.6
3	14.5	24	164	1	20
4	12.5	10	300	.4	8.5
5	78.5	37.4	101	.8	7.4
6	13	29	88	.7	6.7
7	13.5	8	30	.9	13.8
8	9	20.6	77	.6	17.8
9	8.5	20	86	.6	6.7
10	23.5	35	250	.6	7.2
11	12	35	94	.7	11.2
12	66.2	24	660	.7	8.2
13	17.5	30.6	103	.6	7.8
14	14.5	31	126	.7	7.9
15	50	32	108	.4	12
16	15	30	112	.4	10
17	36.5	33	90	.3	11
18	23	34	75	.2	7
19	36	40	140	.3	13
20	84	40	169	.3	17
21	55	21	429	.2	15
22	174	38	191	.2	16
23	21	25	112	.3	9
24	27	28	130	.3	9
25	25	41	128	.2	11
26	19	30	92	.2	7
27	27	33	92	.3	11
28	15	27	97	.2	8
29	22	34	99	.3	12
30	21	28	99	.3	11
31	28	35	101	.2	14
32	23	27	119	.3	9
33	25	32	110	.3	12
34	25	24	79	.3	8
35	56	35	136	.4	13
36	19	36	108	.3	12
37	21	7	99	.1	7
38	26	37	110	.2	12
39	14	36	86	.4	10
40	13	25	99	.2	7
41	18	33	106	.3	9
42	25	35	114	.5	11
43	32	36	130	.2	12
44	17	33	108	.2	9
45	20	30	99	.4	10
46	32	39	123	.2	12
47	21	31	84	.3	10
48	25	34	88	.3	8
49	24	32	152	.4	9
50	16	41	123	.2	11
51	12	23	75	.3	8
52	18	29	84	.3	7
53	16	36	114	.3	8
54	32	31	145	.2	10
55	18	31	92	.3	8
56	24	34	114	.2	10
57	18	37	106	.2	9
58	18	33	121	.2	9
59	10	34	84	.2	8

La Pedraza

*	Pb	Cu	Zn	Ag	Sb
1P	16	32	90	.2	5
2P	14	34	119	.4	7
3P	25	33	132	.3	5
4P	23	34	92	.4	6
5P	11	38	51	.3	3
7P	17	34	110	.3	6
8P	34	62	134	.3	4
9P	29	23	73	.3	5
10P	18	20	92	.3	8
11P	35	33	106	.3	6
12P	11	24	84	.2	3
13P	31	41	130	.3	5
14P	17	34	101	.4	7
15P	38	35	99	.3	4
16P	29	36	110	.3	6
17P	9	20	79	.2	8
18P	18	34	84	.3	5
19P	19	31	84	.3	4
20P	26	31	97	.4	7
21P	16	35	99	.2	4
22P	26	36	130	.3	3
23P	9	33	40	.2	6
24P	9	36	57	.3	7
25P	7	39	51	.3	4
26P	16	20	132	.2	9
27P	21	35	106	.2	7
28P	23	30	95	.3	7
29P	11	20	106	.2	5
30P	23	36	103	.3	8
31P	14	14	75	.2	7
32P	15	33	88	.3	4
33P	23	37	84	.2	3
34P	24	24	95	.2	6
35P	17.2	41.7	112.2	.5	7
36P	10.1	36.4	71.5	.5	4
37P	4.3	19.6	7.7	.3	3
38P	17.4	37.3	66	.5	6
39P	17.4	69.4	107.8	.6	7
40P	15	36.8	125.4	.6	4
41P	17.2	44.9	128.7	.7	9
42P	96.8	34.2	190.3	.7	7
43P	13.5	30.1	90.2	.5	7
44P	17.2	30.6	107.8	.7	5
45P	12.1	35	53.9	.6	8

Niveles A-B-C

*	Pb	Cu	Zn	Ag	Sb
1A	16	21.4	111	.7	10
2A	9.1	35.5	113	.6	9
3A	8.2	28	139.7	.6	10
4A	7	4.9	93.5	.7	9
5A	6.3	2.6	62.7	.6	13
6A	4.1	90.6	9.9	.3	6
7A	5.2	90.5	12.1	.4	3
8A	40	87.7	132	.3	7
11A	15.1	9.4	113.3	.6	8
12A	23.9	29.4	114.4	.7	8
13A	18.6	20.2	104	.5	6
14A	15.2	33	133	.8	10
15A	14.3	57.8	104.5	.7	10
16A	35.7	27.7	130.9	.8	8
17A	29.8	39.3	91.3	.7	12
18A	13.2	24.5	48.4	.5	14
19A	16.3	27.3	79.2	.6	7
20A	10	36.3	81.4	.6	6
21A	9.5	25.7	61.6	.6	6
22A	20.8	44.3	64.9	.6	10
23A	21.7	34	132	.6	6
24A	13.2	33.6	93.5	.5	5
25A	26.9	36.5	108.9	.7	12
26A	14	35	205.7	.6	7
27A	16	37	105.6	.5	9
28A	25.3	32.3	113.3	.7	6

Embid

*	Pb	Cu	Zn	Ag	Sb
1	10.5	51	82.5	.9	9
2	10	31	149	.6	14
3	45	25.5	139	.6	12
4	45	264	169.9	.5	11
5	15	20	87.5	.5	7
6	22.5	38	135.8	.7	11
7	7.5	18.7	45.8	.5	12
8	27.5	27.5	84.9	.7	12
9	10	30.5	94.1	.6	9
10	15	32.2	110	.7	10
11	17.5	26.7	76.6	.6	10
12	37.5	231	200	.8	10
13	17.5	31.5	139	.7	15
14	42.5	27	65.8	.4	13
15	15	42	126.6	.7	14
16	35	21	85	.5	8
17	17.5	39	113.3	.7	15
18	25	38.5	133.3	.7	13
19	20	45.5	150.8	.6	12
20	17.5	39	116.6	.7	13
21	12.5	40.2	14.9	.6	9
22	27.5	35.2	11.6	.6	11
23	32.5	29.2	103	.7	11
24	22.5	32.7	134.9	.7	7
25	30	43.2	88.3	.8	12
26	12.5	29.7	55.8	.7	8
27	15	37.2	100.8	.7	12
28	17.5	43.2	112.4	.9	13
29	10	46.5	100.5	.9	10
30	22.5	44.2	99.1	.6	13

Pardos											
*	Pb	Cu	Zn	Ag	Sb	*	Pb	Cu	Zn	Ag	Sb
1PA	183	321	781	.8	32	42PA	19	40	87	.7	14
2PA	44	63	161	.3	16	43PA	18	48	154	.7	16
3PA	62	53	191	.5	15	44PA	17	37	117	.8	12
4PA	41	41	136	.4	14	45PA	19	40	122	.8	12
5PA	30	38	121	.3	12	46PA	26	42	141	.8	14
6PA	39	45	121	.3	16	47PA	24	20	131	.8	18
7PA	39	52	123	.2	14	48PA	16	30	73	.6	14
8PA	42	47	147	.3	16	49PA	21	39	112	.6	16
9PA	31	38	125	.1	16	50PA	38	41	141	.7	16
10PA	26	46	143	.4	18	51PA	8	2.332	68	1.1	18
11PA	123	60	209	.4	12	52PA	6	105	30	.5	12
12PA	50	40	145	.3	10	53PA	6	11	33	.5	10
13PA	26	40	99	.3	12	54PA	22.5	42	100	.6	12
14PA	33	42	128	.3	16	55PA	30	37	118	.7	16
15PA	38	59	64	.3	14	56PA	21	37	107	.8	14
16PA	19	26	106	.1	16	57PA	27	36	92	.7	16
17PA	59	41	152	.3	20	58PA	42	51	135	.8	20
18PA	24	38	119	.1	12	59PA	27	40	120	.7	18
19PA	21	44	75	.3	14	60PA	25	39.5	101	.7	16
20PA	17	29	92	.4	12	61PA	34	35	92	.7	14
21PA	17	34	81	.3	12	62PA	21	42	106	.8	16
22PA	33	56	205	.4	16	63PA	19	42	126	.7	16
23PA	16	39	88	.3	9	64PA	34	32	103	.7	14
24PA	14	6	35	.4	10	65PA	40	38	104	.7	14
25PA	101	21	106	.4	9	66PA	31	39	105	.7	14
26PA	17	41	40	.3	10	67PA	16	23	87	.6	12
27PA	25	42	102	.7	32	68PA	17	67	157	.9	16
28PA	105	36	140	.7	20	69PA	18	37	105	.6	12
29PA	23	36	85	.6	16	70PA	14	38	104	.7	10
30PA	51	36	138	.7	16	71PA	25	40	101	.7	18
31PA	33	26	112	.6	16	72PA	15	38	99	.7	18
32PA	24	41	103	.7	16	73PA	21	39	104	.7	16
33PA	20	36	130	.7	16	74PA	10	32	58	.7	16
34PA	19	47	103	.7	14	75PA	7	27	47	.6	12
35PA	24	44	106	.8	16	76PA	7	3	34	.6	14
36PA	20	47	110	.8	16	77PA	27	51	100	.8	18
37PA	19	51	109	1	18	78PA	17	41	101	.7	18
38PA	24	33	83	.7	16	79PA	29	34	96	.6	16
39PA	26	32	103	.8	16	80PA	34	38	106	.6	12
40PA	22	37	89	.7	14	81PA	13	37	96	.5	12
41PA	24	47	114	.8	16	82PA	18	34	98	.6	12

Zn (Fig. 4)

Las cinco zonas tienen unos valores muy semejantes, lo que nos proporciona una acumulación de las rectas. No obstante, se puede destacar que:

En La Alameda (I), se presentan nuevamente dos poblaciones del 70% y 20%. Esta última tiene una dispersión mayor, justificando así la concentración mineral en Zn.

La comparación de Embid (II) con La Pedraza (III) hace esperar que al tener una mayor dispersión y mayor fondo, Embid consiga antes el límite de mineralización del Zn.

La media y los valores $\mu - \sigma$ y $\mu + \sigma$ en p.p.m. para el Zn son:

	Alameda (I)	Embid (II)	Pedraza (III)	Pardos (IV)	Horizontes ABC (V)
$\mu - \sigma$	89	72	68	89	77
μ	115	97	92	107	100
$\mu + \sigma$	142	138	128	137	128

y el fondo de las pizarras areniscosas de la zona presenta como valor más probable 92-115 p.p.m. con variaciones entre 68 y 142.

Sb (Fig. 4)

Es el elemento que mejor se adapta a las rectas de dispersión. Los valores son muy superiores a los dados como medios para las pizarras y areniscas (1,5-3 p.p.m. en pizarras y 0,9-1 en areniscas).

De la posición de las rectas sólo podemos comparar La Alameda (I) y Embid (II), que se cortarán cerca de $\mu + 2\sigma$ indicándonos una dispersión mayor en La Alameda justificando así la presencia de minerales de Sb que no aparecen en ninguna otra zona. Embid (II) y Pedraza (III) se muestran paralelas, si bien hay una gran diferencia respecto al fondo, y finalmente está Pardos (IV), con fondo más alto, y sin minerales de Sb.

El valor medio de Sb, así como $\mu - \sigma$ y $\mu + \sigma$ es:

	Alameda (I)	Embid (II)	Pedraza (III)	Pardos (IV)	Horizontes ABC (V)
$\mu - \sigma$	7	9,5	4,6	13,5	8,1
μ	9,6	12	6,2	15,8	10,4
$\mu + \sigma$	13,4	15	7,8	18,5	12,5

y el fondo geoquímico del Sb en la zona es de 6,2-15,8 p.p.m. como valor más probable, con oscilaciones entre 4,6-18,5 p.p.m.

Ag (Fig. 5)

Juntamente con el Sb presenta un valor alto frente a los datos para las pizarras y areniscas de la corteza terrestre (0,05-0,1 en las pizarras; 0,09-0,44 en las areniscas).

Pardos (IV) sigue manteniendo el fondo más alto, si bien estos valores sólo son aplicables a un 70% de la población, disminuyendo en el resto: lo mismo se puede decir de los niveles A, B, C. Embid (II) presenta una pendiente similar a Pardos (IV) con un fondo un poco inferior, pero manteniéndose en el 98% de la población.

Respecto a La Alameda (I) y La Pedraza (III) se ha observado que ambas zonas muestran nuevamente dos poblaciones, una de hasta un 25-30%, y otra con un fondo bajo y una dispersión pequeña. En las poblaciones con mayor dispersión La Alameda corta casi en $\mu + \sigma$ a La Pedraza, siendo muy rápido el aumento de dispersión, pudiendo llegar con facilidad al límite de mineralización.

Los valores obtenidos para la media y los valores de $\mu - \sigma$ y $\mu + \sigma$ en p.p.m. son:

	Alameda (I)		Embid (II)	Pedraza (III)	Pardos (IV)	Horizontes ABC (V)
	I	I'				
$\mu - \sigma$	0,25	0,56	0,60	0,28	0,68	0,56
μ	0,31	0,70	0,70	0,36	0,77	0,65
$\mu + \sigma$	0,39	0,87	0,82	0,46	0,90	0,75

y el fondo geoquímico para la Ag es 0,31-0,77 con variaciones entre 0,25 y 0,9 p.p.m.

Incidencia de los fondos sobre la mineralización

De las cuatro zonas estudiadas son La Alameda y La Pedraza las que han tenido un cierto interés económico de explotabilidad. Ambas zonas han sido descritas como altafondos (Monseur y Gutiérrez, 1980a, 1980b; Pallard, B. 1974-75), dándose en el bisel de condensación de las mismas las condiciones fisicoquímicas necesarias para que se produzca la concentración sinsedimentaria que evolucionará a epigenética con el control tectónico y secreción lateral.

De los datos obtenidos por la recta de regresión cabe esperar, atendiendo únicamente a esta variable del fondo geoquímico y su dispersión, que Pardos fuera la zona más mineralizada, cosa que no sucede así según los estudios metalogénicos que hemos realizado, lo que nos ha llevado a subrayar otros metalotectos: el paleogeográfico (altafondo con bisel de condensación), litoestratigráfico y tectónico, siendo el de altafondo, el que con fondos geoquímicos iguales o menores, ha dado concentraciones explotables.

Por otra parte, las dos poblaciones que se presentan en la recta de regresión de algunos elementos, sobre todo en La Alameda, nos confirman las mineralizaciones de Pb, Ag, Sb, Zn que se presentan allí, así como su valor al estar estas poblaciones entre un 20 ó un 25%.

Conocido ésto y la existencia de horizontes portadores en las pizarras areniscosas que se intensifican más en los biseles de condensación, se ha intentado explicar o confirmar esta teoría recurriendo a los análisis geoquímicos, de modo que la variación del fondo a lo largo de un perfil perpendicular a la pizarrosidad nos detecte esos horizontes.

En concreto los análisis geoquímicos de los elementos Pb, Cu, Zn, Sb y Ag realizados en La Alameda en el perfil I (situado a unos 500 m. al Oeste de la mina), nos han confirmado como horizontes portadores los filones explotados en la misma con los nombres de Filón Peña y Blendoso I. (Gutiérrez Martoto, 1979).

Se han realizado, a modo de ejemplo, los dendrogramas en La Alameda y La Pedraza. Se han introducido las cinco variables Pb, Cu, Zn, Sb y Ag y se han relacionado todas las muestras entre sí en cada una de estas zonas.

En La Pedraza (Fig. 6) el dendograma nos relaciona, por afinidades de las variables en conjunto, hasta 8 muestras del perfil 2 (de las 14 de que consta) con siete muestras del Perfil I (de 20), y marca un horizonte portador correspondiente al bisel del altafondo.

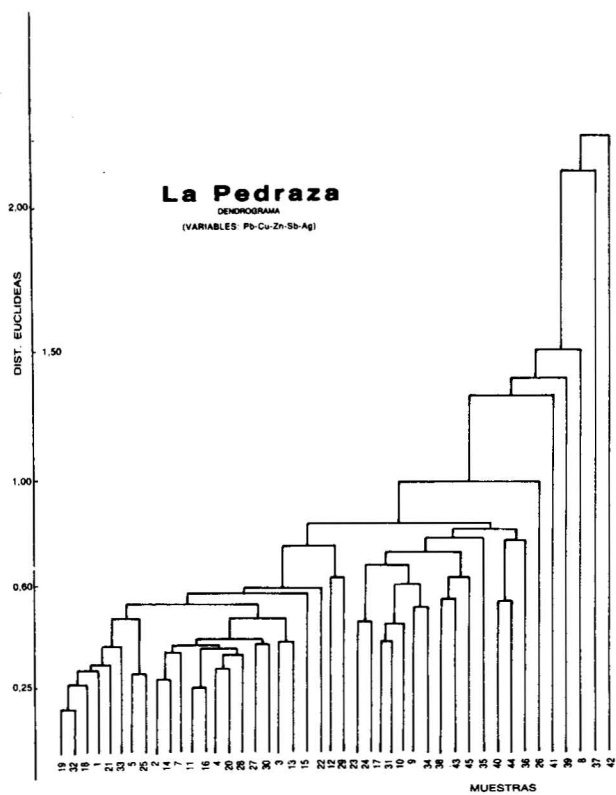
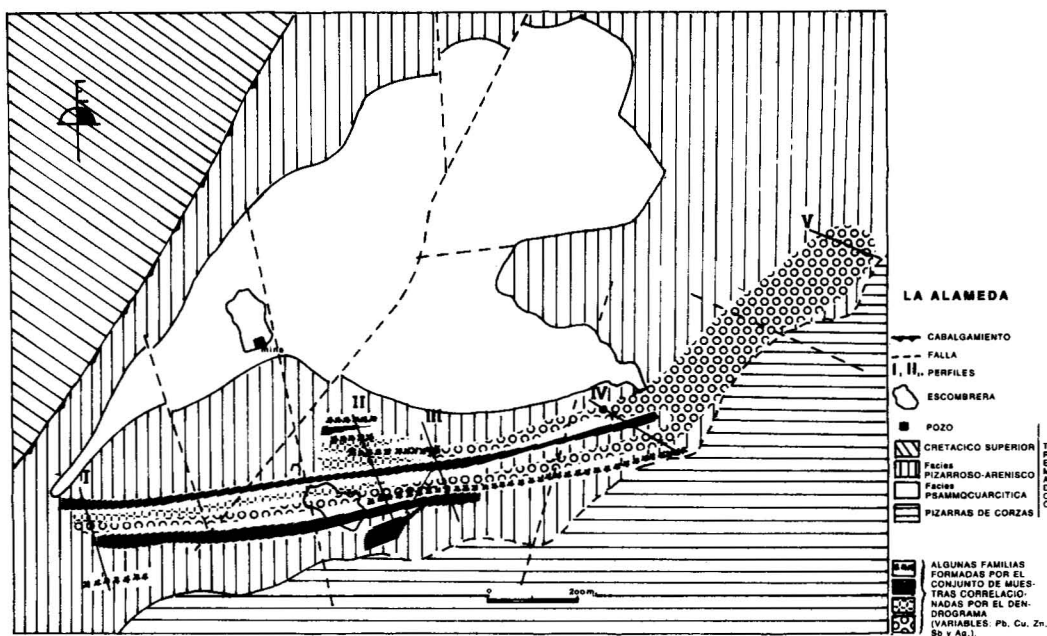
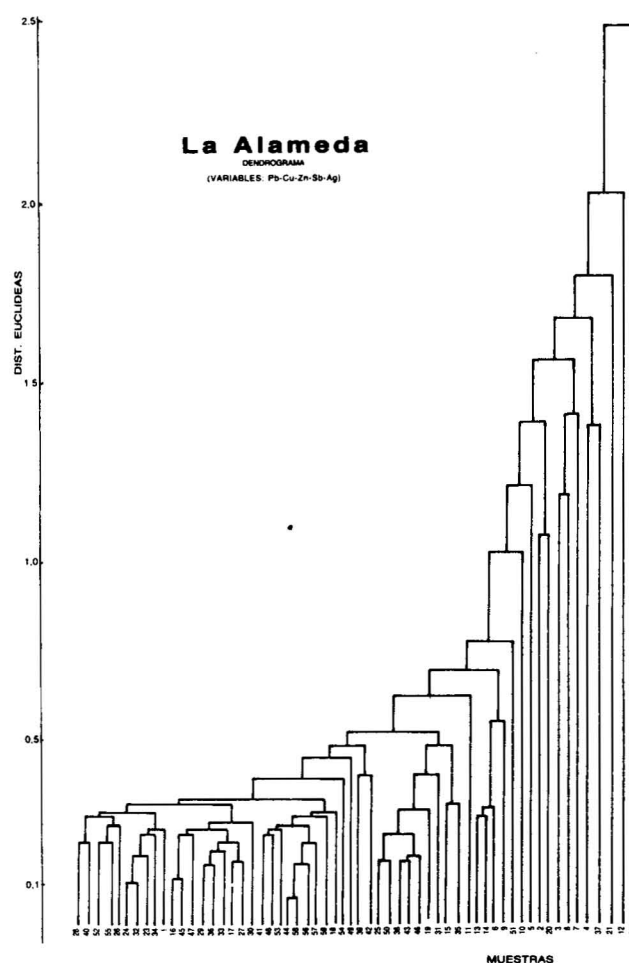


Fig. 6.—Dendrograma de las muestras de La Pedraza (variables Pb, Cu, Zn, Sb y Ag).



Figs. 7 y 8.—Dendrograma de las muestras de La Alameda (variables Pb, Cu, Zn, Sb y Ag.).

En la zona de La Alameda, que ha actuado como un "horst" desde finales del Paleozoico, sufriendo movimientos en varias épocas estratigráficas (Pallard B. 1974) la tectónica se muestra más complicada y la correlación estratigráfica a esta escala es difícil, no obstante, el dendograma ha dado agrupaciones por afinidad que ponen de manifiesto:

- 1.º horizontes portadores (cuya existencia se conoce por la historia de mina y por la dirección de los filones)
- 2.º el bisel de condensación del alfafondo sobre el que se han implantado los dos primeros perfiles de los cinco realizados.

En los dos perfiles las familias de afinidades son más variadas y alternan valores significativos tanto positiva como negativamente (horizontes en el bisel). En los tres perfiles restantes, se reduce el número de familias y se muestra más homogéneo, marcando el valor del fondo. (Fig. 7 y 8).

Así pues, esta segunda población que se ha presentado en las rectas de dispersión, puede muy bien ser debida precisamente al bisel de condensación, que por la removilización epigenética termina en la concentración mineral explotada en la mina. Se explica, así mismo, que la paragénesis de La Alameda sea de galena argentífera, esfalerita con tetraedrita de tipo freibergita en su seno, bournonita y boulangerita en relación con la galena, donde se concentran el Sb y Cu, siendo más escaso el Cu frente al Pb y Zn.

Conclusiones

El fondo geoquímico de Pb, Cu, Zn, Ag y Sb de las pizarras areniscosas en la rama sur del zócalo de la Ibérica se puede establecer en p.p.m.: Pb 16-25; Cu 29-39, Zn 92-115; Ag 0,31-0,77 y Sb 6-15. La distribución o clark de estos elementos es ligeramente superior a los datos conocidos para las pizarras y areniscas, si bien, no se ha podido comparar con datos de pizarras-areniscosas del paleozoico.

Respecto a la incidencia del fondo geoquímico sobre las concentraciones minerales se debe tener en cuenta que es una condición necesaria (metalotecto) pero no suficiente (Pardos y Embid tienen mayor fondo que La Alameda y La Pedraza); que dentro del valor fondo geoquímico se debe considerar el metalotecto "metal" o límite

umbral que además variará dependiendo de otras condiciones o del resto de los metalotectos necesarios para tal concentración.

En cuanto al aspecto paleogeográfico, se sabe que un alfafondo contemporáneo de la sedimentación, determina biseles de condensación (Bernard 1958) en su alrededor con diferenciación lateral. Esto es lo que sucede en La Alameda y La Pedraza, siendo el metalotecto geoquímico, pero sobre todo el paleogeográfico, los que inciden sobre la concentración mineral.

El fondo geoquímico local determina también los horizontes portadores, ya como indicadores del metalotecto litoestratigráfico en general ya como horizontes de condensación de la estructura de alfafondo.

Referencias

- Bernard, A. (1958).—Contribución à l'étude de la province métallifère sous Cévenole. *Sc. Terre*, 7, 123-403.
- Gutiérrez, A. (1979).—Estudio metalogénico en la rama occidental del zócalo de la Cordillera Ibérica. (Prov. Soria y Zaragoza). Univ. Autónoma de Madrid.
- Gutiérrez, A. y Monseur, G. (1980).—Alfafondo de La Pedraza y mineralización asociada (Bubierca-Zaragoza). *Tecniterrae*, 6, 32-43.
- Gutiérrez, A. y Monseur, G. (1981).—Factores que controlan la localización de las mineralizaciones en Embid de Ariza y Pardos (Zaragoza-España). *Soc. Esp. Mineralogía*, 2, 199-219.
- I.G.M.E. (1983).—Mapa Geológico de España: Ateca. Esc. 1:50.000.
- Josopait, V. (1972).—Das Kambrium und das Tremadoc von Ateca (Westliche Iberische ketten, NE-Spanien). *Münster. Forsch. Geol. Paläont. Münster*, 23, 121 p.
- Julivert, M., Fontbote, J.B., Ribeiro, A. y Conde, L. (1974).—Interés de las guías litoestratigráficas en prospección. *II Cong. Iberoamer. de Geol. Econ., Buenos Aires*, Vol. 2, 497-518.
- Monseur, G., Morcillo, E., Gutiérrez, A. y Guijarro, J. (1975).—Interés de las guías litoestratigráficas en prospección. *II Cong. Iberoamer. de Geol. Econ., Buenos Aires*, Vol. 2, 497-518.
- Monseur, G., Morcillo, E., Gutiérrez, A. y Guijarro, J. (1978).—Control litoestratigráfico y tectónico de la mineralización plomo-argentífera de Peñalcázar (Soria-España). *Rev. Iberoam. Crist. Miner. Metalogen.* 1, 77-99.
- Pallard, B. (1974-75).—Permis "Alameda". *Rapport de fin d'étape sur le contexte géologique des minéralisations Cu, Zn, Pb, Ag du Tremadoc des Chaînes Ibériques Occidentales (Prov. Soria et Saragosse)*. Madrid Peñarroya España. Geol. e Inv. (inédito).
- Schmitz, V. (1971).—Stratigraphie und Sedimentologie im Kambrium und Tremadoc der Westlichen Iberischen ketten nördlich Ateca (Zaragoza, NE-Spanien). *Münster Forsch. Geol. Paläont.; Münster*, 22, 123 p.
- Tindall en W.K. Fletcher (1981).—*Analytical methods in Geochemical Prospecting*. Elsevier.

Recibido el 28 de Noviembre de 1986

Aceptado el 11 de Marzo de 1987