

LOS YACIMIENTOS Zn, Pb, Ag - Fe DEL DISTRITO MINERO DE LA UNIÓN- CARTAGENA, BÉTICA ORIENTAL

J. I. MANTECA MARTÍNEZ

E. U. Politécnica de Cartagena. Depto. Ing. Aplicada.

P.^o de Alfonso XIII, 34. 30203 Cartagena (Murcia)

G. OVEJERO ZAPPINO

Antonia Ruiz, 10. 28003 Pozuelo (Madrid)

INTRODUCCION

La Sierra de Cartagena constituye el extremo suroriental de las cordilleras Béticas. Sus relieves, que no superan los 450 metros, se extienden en dirección Este-Oeste aproximadamente, entre el Mediterráneo y la llanura del Mar Menor.

La zona minera propiamente dicha, centrada en el término municipal de La Unión, ocupa una superficie rectangular, alargada en dirección Noreste-Suroeste, de unos 10×5 km que encierra la mayor acumulación de Pb-Zn de las Béticas, y una de las principales de la Península Ibérica.

La actividad minera en la zona data de más de 2500 años, teniendo su principal auge durante la época romana. Modernamente, y tras un abandono secular, se da un resurgimiento en la segunda mitad del siglo XIX, llegando a estar este distrito, a final de siglo, entre los primeros productores de plomo mundiales. En el presente siglo, tras el paréntesis de entreguerras, se da una tercera época de auge, con el desarrollo de las técnicas mineralúrgicas y de minería a cielo abierto, que llega hasta nuestros días.

Son numerosísimos los trabajos publicados sobre la geología y los depósitos minerales de este distrito, desde finales del pasado siglo hasta la actualidad. Limitándonos a los 25 últimos años, deben destacarse los de Friedrich (1962, 1964), Urban (1968, 69), Pavillón (1969, a, b, 72), Alabert (1973), Espinosa et al (1974), Oen et al. (1975), Ovejero et al (1976), Kager (1980).

La presente revisión se apoya en buena parte en los trabajos de Oen, Fernández y Manteca y de Ovejero, Jacquin y Servajeau, principalmente.

CONTEXTO GEOLOGICO

La Sierra de Cartagena, corresponde a la zona Bética s.s., o «dominio interno». Se caracteriza por estar constituida por una serie de mantos de cabalgamiento superpuestos, de edad Alpina, afectados por un metamorfismo decreciente de abajo a arriba (Fig. 1).

Este edificio de mantos, tras una importante fase de erosión, fue recubierto por una serie neógena transgresiva y tardiorogénica.

Tras el Neógeno, hay una importante fase de fracturación, seguida de fenómenos volcánicos y levantamiento de la Sierra, y posteriormente del desmantelamiento erosivo pre-actual.

Elementos lito-estructurales

De abajo a arriba distinguimos las siguientes unidades principales (véase Fig. 2):

Complejo Nevado-Filábride

Presenta un metamorfismo epi-mesozonal. En él se distinguen:

Nevado-Filábride Inferior. Serie basal, constituida por esquistos grafitosos y cuarcitas grises de edad paleozoica imprecisa, de espesor no conocido, pero que con seguridad supera los 500 m. En términos mineros locales se le conoce con el nombre de «muro».

Nevado-Filábride Superior. Serie de litología variada constituida por micaesquistos, cuarcitas, rocas verdes y mármoles, de edad supuestamente permotriásica. Las rocas verdes comprenden tanto cuerpos masivos de diabasas (metabasitas), como esquistos cloríticos, a menudo con albita. Su espesor es muy variable y difícil de precisar debido al plegamiento, pero en todo caso es inferior a los 100 metros.

Ambos conjuntos se presentan concordantes en relación con la esquistosidad.

Complejo Alpujárride

En discordancia sobre el Nevado-Filábride se halla el complejo Alpujárride, epi o nada metamórfico.

En él se distinguen hasta tres mantos de cabalgamiento superpuesto; si bien en la zona central de la Sierra que nos ocupa, el más alto de ellos no está representado. Cada unidad o manto consta de una base detrítica y una parte superior carbonatada. Podemos distinguir de abajo a arriba:

Alpujárride Inferior (o unidad de San Ginés). Consta de una base de rocas detríticas epi-metamórficas, filitas y cuarcitas, de tonos grises a violeta, atribuibles al Permotriás; y una parte superior carbonatada, atribuida al Triás medio (Ladiniense).

Intrusivos en el paquete carbonatado, aparecen frecuentes cuerpos de doleritas, que presentan su máximo desarrollo en la zona central de la sierra. El espesor máximo de esta unidad es de 200 m.

Alpujárride Superior (o unidad de Portmán). Superpuesta a la anterior y compuesta por términos análogos. Consta de una base detrítica, de tonos chocolate a rojo vino, y una parte superior carbonatada, predominantemente dolomítica, asignables igualmente al Permotriás y Triás medio. A diferencia de la anterior, en esta unidad no aparecen doleritas. El espesor máximo que alcanza es de unos 180 metros. En la vertiente meridional de la sierra, esta unidad bisela a la de San Ginés infrayacente, llegando a apoyarse directamente sobre el Nevado-Filábride.

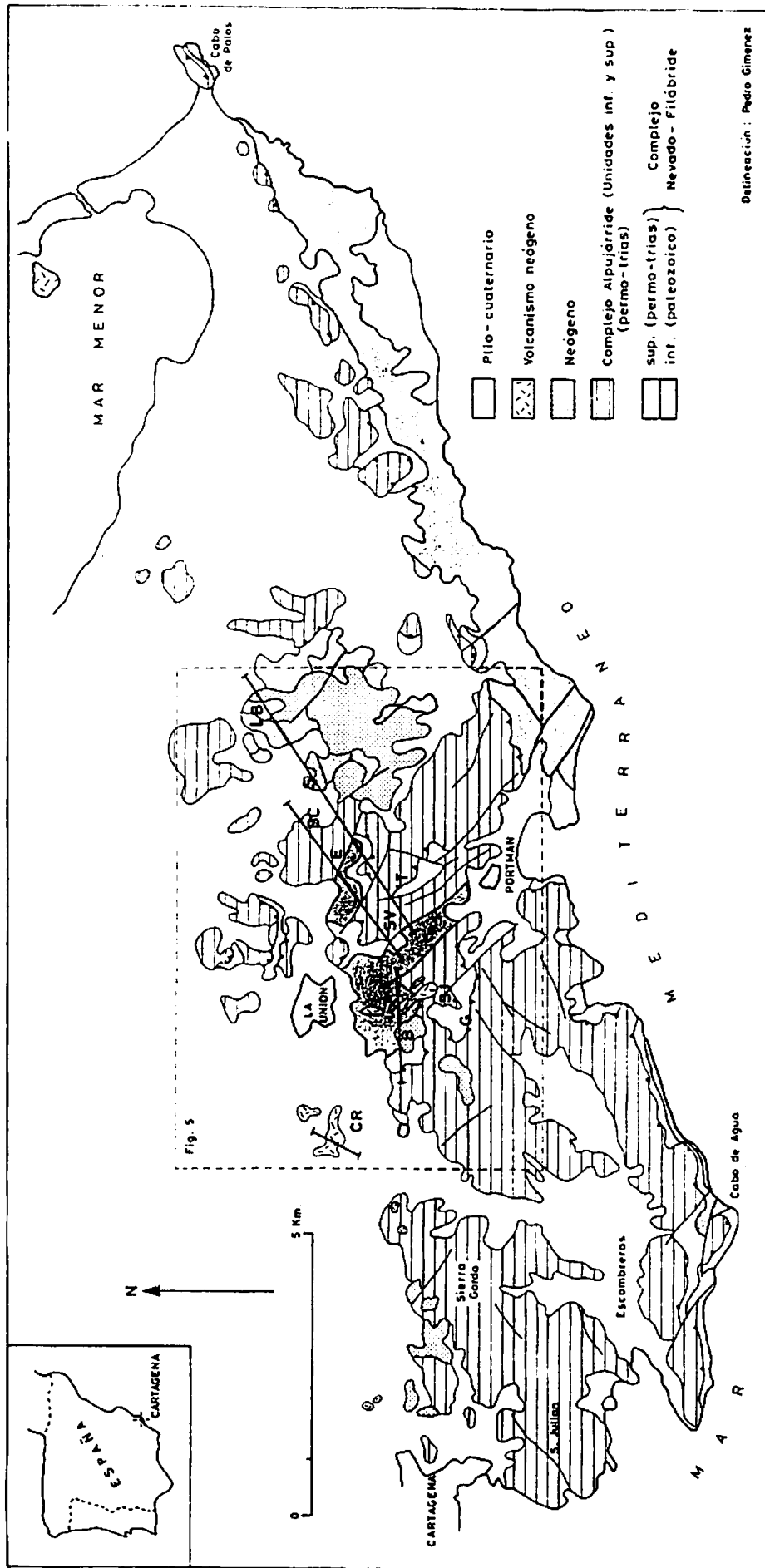


Fig. 1. Esquema geológico de la Sierra de Cartagena (las iniciales señalan las principales explotaciones).

Delineación: Pedro Gimenez

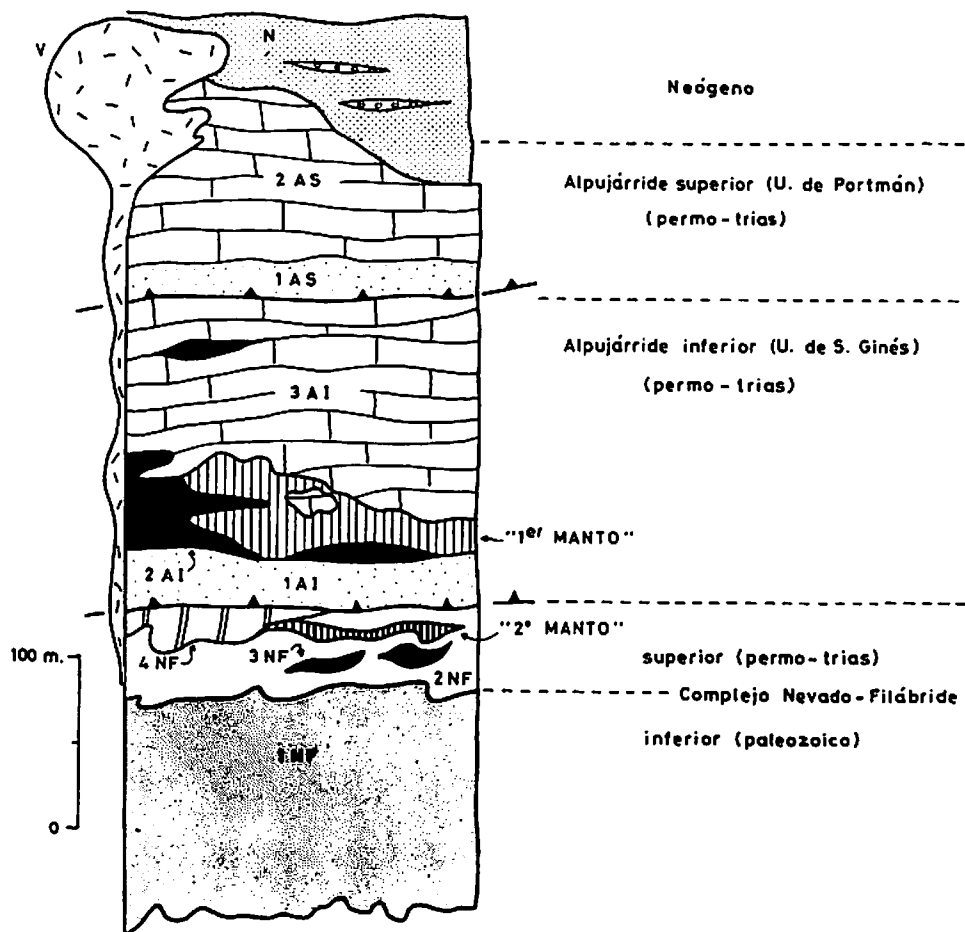


FIG. 2. Columna Lito-estructural simplificada de la zona central de la sierra.

V: dacitas y andesitas. N: areniscas, margas y conglomerados. 2AS: dolomías y calizas. 1AS: cuarcitas y filitas. 3AI: calizas y dolomías. 2AI: doleritas subvolcánicas. 1AI: filitas y cuarcitas. 4NF: mármoles. 3NF: metabasitas. 2NF: esquistos y cuarcitas. 1NF: esquistos grafitosos y cuarcitas.

La serie Neógena

Previa a la transgresión marina miocena y tras la fase de plegamiento principal, el edificio orogénico se levantó y sufrió una larga etapa de erosión, alcanzando ésta diferentes niveles sobre la columna estratigráfica.

De ahí que tras la inmersión Miocena, los correspondientes sedimentos aparezcan depositados sobre muy diferentes bases. Sea sobre el N.F. inferior, el N.F. superior, el Alpujárride inferior o el superior.

Los sedimentos marinos, datados como Serravalliense, están representados principalmente por rocas pelíticas (argilitas y margas), con intercalaciones de areniscas y algunos niveles de conglomerados y turbiditas. En ciertas zonas (Coto Ponce) las pelitas presentan un alto contenido en materia carbonosa, siendo relativamente frecuentes los restos vegetales lignitificados.

El posterior levantamiento de la cuenca, y la compartimentación en bloques debido a la etapa de distensión va a permitir la erosión de una gran parte de estos depósitos, que sólo quedarán bien preservados en las zonas de graben.

Magmatismo

Hay que diferenciar en primer lugar un magmatismo preorogénico de edad imprecisa, probablemente tarditriásica o jurásica, y otro postorogénico de edad neógena.

El primero, de carácter básico, está representado por las doleritas de la unidad de S. Ginés, así como por las metabasitas del N. Filábride superior.

Las doleritas se presentan preferentemente, como cuerpos intrusivos subconcordantes (sills), y en otros casos como diques, situándose principalmente a la base del paquete carbonatado.

Las metabasitas aparecen como cuerpos concordantes en el N. Filábride superior, sin otras características concretas que permitan dilucidar su emplazamiento efusivo o intrusivo.

El magmatismo Neógeno está representado por rocas subvolcánicas calcoalcalinas (Andesitas, Riodacitas, Riolitas, etc.) y por rocas extrusivas (Basaltos).

Estas vulcanitas afloran principalmente en la llanura al norte de la sierra, donde constituyen relieves diferenciales o «Cabezos», alineados según un eje mayor N-70°. En la vertiente norte de la Sierra, al oeste y sur de La Unión, aparecen diversos diques y domos, localmente acompañados de «brecha pipes», orientados según la dirección estructural N-130°, intersectando todos los niveles lito-estructurales, incluido el Mioceno. En dicha zona minera, las dacitas y andesitas están afectados de fuerte alteración hidrotermal.

Se han asignado edades de 7 a 11 millones de años para las rocas dacíticas y andesíticas y de 2.65 para las basálticas (3).

Tectónica

Los materiales N. Filábrides presentan dos fases de deformación (14): La primera dio lugar a un plegamiento isoclinal tumbado acompañado de esquistosidad de flujo con frecuentes transposiciones tectónicas, presentando una dirección comprendida entre N-70° y N-120°. La segunda fase de dirección norteada y vergencia oeste, originó pliegues isoclinales ocasionales y una crenulación de la esquistosidad. Ambas deformaciones serían Alpinas, no habiendo evidencia manifiesta de estructuras pre-Alpinas.

Los materiales Alpujárrides presentan un plegamiento diferencial, muy intenso en las filitas, y más suave en los materiales carbonatados, en disarmonía con aquéllas. Presentan también dos fases de deformación superpuestas, una de dirección N-100-120° y otra posterior N-20-40°. Esta última es posterior al emplazamiento principal de los mantos, habiendo dado lugar a escamas y estructuras cabalgantes menores, implicando incluso al mioceno.

Tras el proceso de emplazamiento de los mantos comprendido entre el Eoceno y el Mioceno medio, se dio una fase de distensión con formación de los sistemas de fallas NNW-SSE y NE-SW, de valores modales N.130 y N.70, respectivamente.

Estas fallas tienen una importante reactivación tras el Mioceno medio, determinando la actual configuración de la Sierra y su disposición en horsts y fosas tectónicas (Fig. 3).

Este sistema de fracturación fue aprovechado posteriormente por el magmatismo Neógeno.

DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO.—LOS CUERPOS MINERALIZADOS: GEOMETRÍA, PARAGÉNESIS Y ACUMULACIÓN METAL

Tipología

Bajo un punto de vista morfológico se distinguen (Figs. 3 y 5):

- Los «mantos»: Masas y cuerpos estratoides
- Diseminaciones en el mioceno
- Estructuras filonianas s. l.
- Stockworks y filones asociados a las vulcanitas

Los «mantos»

Han constituido el principal recurso mineral y permitido el desarrollo de la grandes explotaciones a cielo abierto. Existen dos tipos principales, con diferentes posiciones estratigráficas: «1.º manto» y «2.º manto». Ambos consisten en cuerpos más o menos estratoides, constituidos en unos casos por masas de greenalita-magnetita con sulfuros dispersos («manto de silicatos») y en otros, por sulfuros diseminados, en hiladas o masivos, dentro de una formación clorítica («manto piritoso»).

Manto superior o «1.º Manto»

Se sitúa a la base del paquete carbonatado de la unidad de S. Ginés asociado espacialmente a las doleritas. Aparece básicamente desarrollado en la zona central (Emilia-S. Valentín-Tomasa), sobre un área de unos 10 km². Fuera de dicha zona sólo se le encuentra en la zona este (Buen Consejo-Julio César) y en alguna pequeña zona aislada (Fig. 5).

De geometría irregular, su límite inferior es normalmente concordante, coincidiendo en general con el límite con las filitas. Sus límites superior y laterales son muy irregulares y discordantes respecto a las calizas encajantes, en forma de digitaciones controladas por los planos de discontinuidad; presentándose también enclaves de caliza dentro de la masa mineralizada, todo ello indicando un fenómeno de reemplazamiento metasomático, particularmente claro en el tipo «manto de silicatos», donde la masa grenalítica conserva las estructuras originales de la roca (Figs. 2 y 4).

Los mayores espesores se han dado en la zona de San Valentín-Emilia, entre 40 y 80 metros, mientras que en la zona este (B. Consejo-J. César), son del orden de los 20 metros.

Manto inferior o «2.º Manto»

Se sitúa al nivel de los mármoles del N. Filábride. Aparece sobre un área muy extensa del orden de 40 km², de forma aproximadamente elíptica, con su eje mayor según la dirección NNE-SSO y centrada sobre la zona del Sancti Spiritu (cantera San Valentín) (fig. 5).

Este cuerpo tiene un carácter estratiforme, concordante con las rocas encajantes y con sus estructuras de esquistosidad y plegamiento (Figs. 3 y 4). No obstante en las zonas limítrofes lateralmente con los mármoles se suelen encontrar contactos discordantes controlados por fracturas y superficies de discontinuidad.

Los espesores varían normalmente entre 3 y 25 metros, en aparente relación en unos casos con estructuras de plegamiento (engrosamiento en zonas axiales) (Fig. 4) y en otros casos con fracturas. El espesor medio puede estimarse en unos 10 metros.

Paragénesis minerales de los Mantos

Los «Mantos» de la Sierra de Cartagena presentan dos tipos principales de asociaciones minerales primarias:

Paragénesis 1: Asociación clorita-sulfuros-carbonatos-sílice («manto piritoso»).

Paragénesis 2: Asociación greenalita-magnetita-sulfuros carbonatos-sílice («manto de silicatos o de magnetita»).

	Paragénesis 1	Paragénesis 2
SiO ₂	40 %	45 %
Fe	20,0	35,0
MgO + CaO ...	5,0	3,0
S	20,0	3,0
Pb	1,5	1,5
Zn	3,0	1,0
Ag	19 ppm	21 ppm

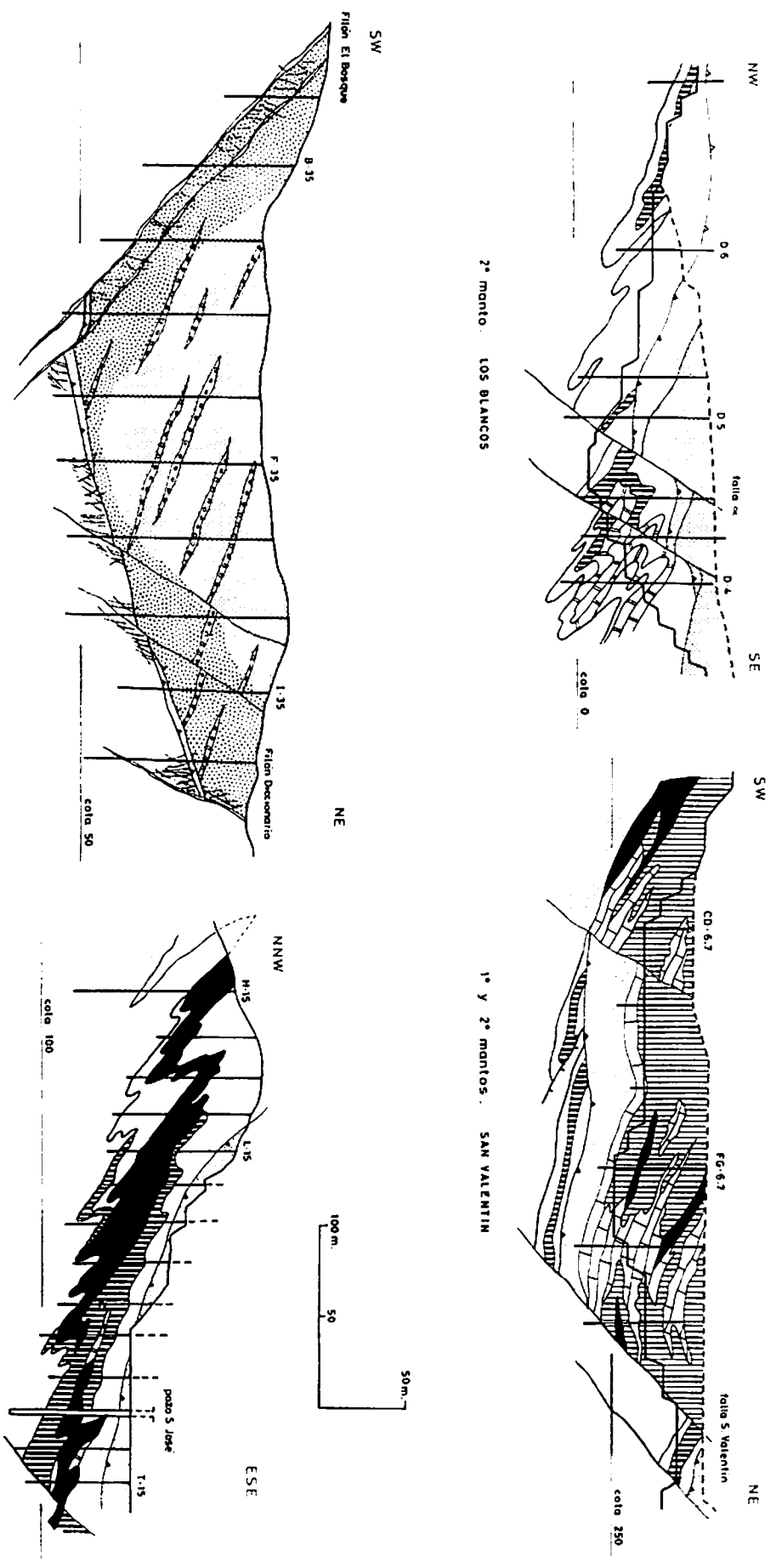


Fig. 4. Cortes geológicas de algunos yacimientos representativos de distintos tipos de cuerpos mineralizados. (Nóvesen los sondcos de evaluación y los bancos de las explotaciones a cielo abierto). La explicación de las litologías y mineralizaciones es la misma de las figuras 2 y 3. La formación figurada en negro en la explotación San José corresponde a metabasitas dominantes y esquistos cloríticos.

Ambos tipos de asociaciones se presentan indistintamente tanto en el primero como en el segundo Manto (13).

La paragénesis 1, a la que corresponde por ejemplo el yacimiento de Los Blancos (2.º manto) consta de: pirita, blenda, galena, marcasita y localmente pirrotina como sulfuros principales, y como accesorios, calcopirita, arsenopirita, tetraedrita y estannina. Entre los carbonatos se encuentra principalmente la siderita, con variedades conteniendo Zn y Mn.

A esta paragénesis también corresponden otros depósitos de 2.º manto como Brunita, Gloria-Este, Pablo y Virginia, etc. y de primer manto como Buen Consejo, Julio César y la cantera Eloy, en el área de Brunita.

La paragénesis 2 desarrollada principalmente en los depósitos del área Emilia-S. Valentín-Tomasa, consta como minerales principales, de greenalita (y especies afines a ésta como la Mg-minesotaita) (9), y de clorita. Sigue en orden de abundancia la magnetita. Los sulfuros, dispersos dentro de la matriz silicatada, son galena, blenda, pirita, marcasita, y accesoriamente calcopirita. A modo de inclusiones están presentes también tetraedrita y estannina. Entre los carbonatos, al igual que en la paragénesis 1, predomina la siderita y variedades de ésta conteniendo Zn y Mn. La sílice aparece bajo forma de ópalo y calcedonia, y ocasionalmente en espectaculares geodas de cuarzo amatista.

Aparte de en la zona central citada, donde esta asociación se da tanto en el primero como en el segundo manto, aparece también representada en los depósitos de segundo manto de S. José, Gloria y Juanito.

La «capa negra»

Es un cuerpo estratiforme de mucha menor importancia que los «mantos», que aparece asociado a un nivel de pelitas carbonosas intercalado en las filitas alpujárrides de la unidad de S. Ginés. Aparece desarrollado principalmente en el área de Los Blancos y en la de San José-Brunita. Su espesor no suele pasar de dos metros.

Su asociación mineral consta de marcasita, pirita, blenda y galena; presentando estos sulfuros una estructura bandeada paralela a la estratificación.

Diseminaciones en el Mioceno

Situadas básicamente a lo largo de una estructura de graben al sur del Llano del Beal (Figs. 3 y 4), dentro de la cual constituyen cuerpos irregulares alargados en la dirección NW-SE, según la fracturación (Fig. 5). Son actualmente el recurso minero de mayor importancia, una vez agotados en gran parte los «mantos».

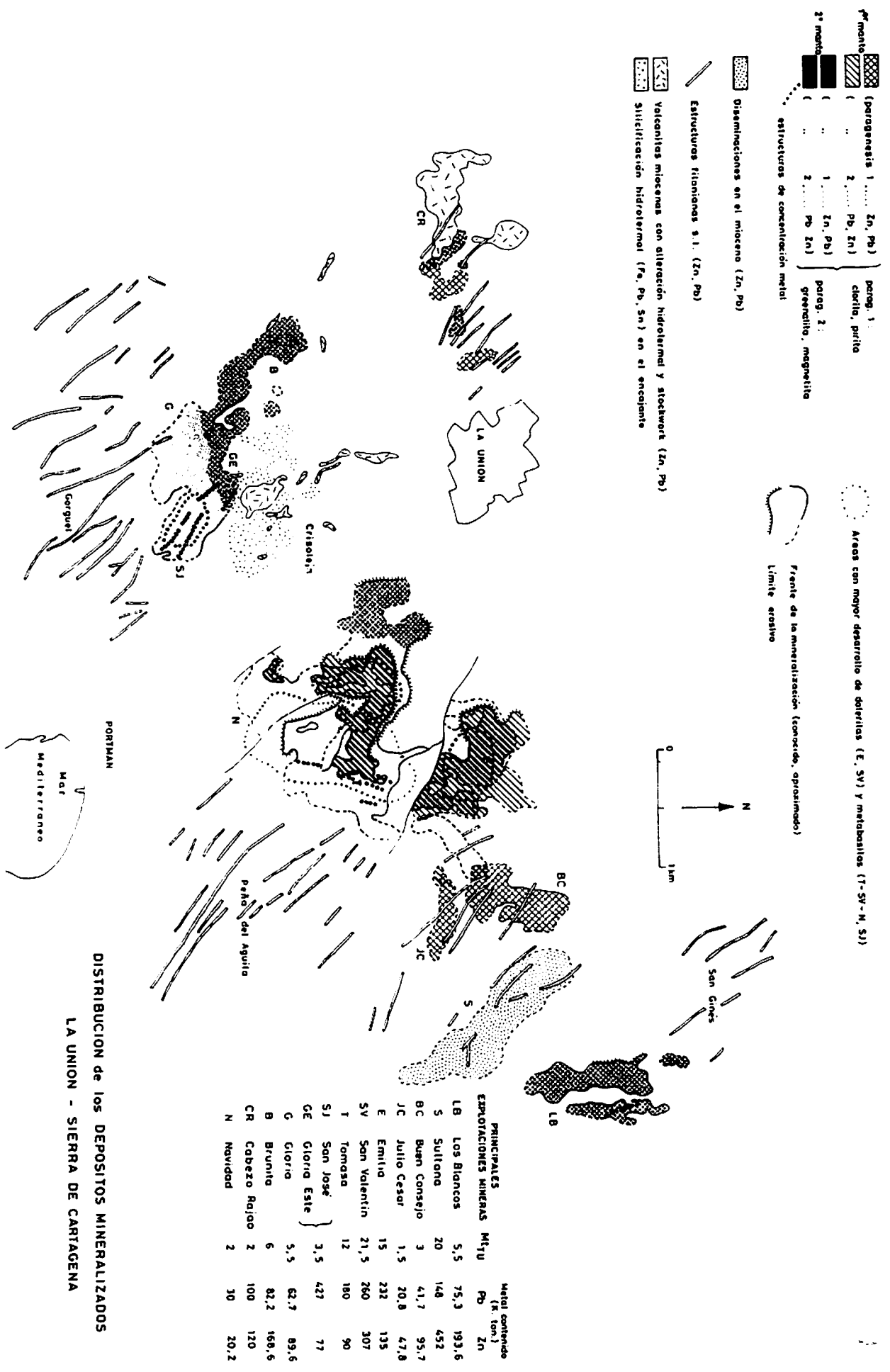
La mineralización aparece diseminada en las diferentes litologías, pelitas, areniscas y conglomerados, existiendo una concentración preferencial conforme al aumento de la granulometría del sedimento. Los sulfuros se presentan finamente diseminados en los niveles pelítico-arenosos, casi inapreciables a la vista, y en texturas más gruesas en los niveles conglomeráticos, siendo característico en estos últimos el reemplazamiento de clastos calizos por sulfuros, que adoptan el aspecto de falsos cantos («almendralón»).

La asociación mineral consiste en pirita, marcasita, blenda y galena en orden de importancia; acompañados de clorita y cuarzo. Como minerales secundarios aparecen la pirrotina y la calcopirita.

Cuerpos filonianos s.l.

Existe un importante campo filoniano a favor del sistema de fracturación principal N - 130, que se extiende entre Escombreras y Cabo de Palos, particularmente desarrollado en la zona central de la sierra.

Estos filones encajan en diferentes niveles litológicos, limitándose en la mayoría de los casos a la intersección de las fracturas con los paquetes carbonatados y acompañados de bolsas laterales, preferentemente en los mármoles nevado-filábrides (Gorguel, Peña del



1^{er} monte (paragenesis 1 Zn, Pb)
 2^{er} monte (..... Pb, Zn)
 3^{er} monte (..... Zn, Pb)
 4^{er} monte (..... Pb, Zn)

parog. 1: clorita, pirita
 parog. 2: greenalita, magnetita

estructuras de concentración metal

Areas con mejor desarrollo de doleritas (E, SV) y metabasitos (T-SV-N, SJ)

Frente de la mineralización (complejo, aproximado)

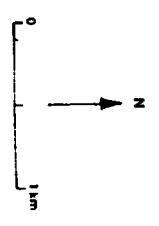
Limite erosivo

Diseminaciones en el mioceno (Zn, Pb)

Estructuras filonianas s.l. (Zn, Pb)

Valerías micaceras con alteración hidrotermal y Stockwork (Zn, Pb)

Silicificación hidrotermal (Fe, Pb, Sn) en el encañite



PRINCIPALES EXPLOTACIONES MINERAS	MtU	Metal contenido (x. ton.)	
		Pb	Zn
LB Los Blancos	5,5	75,3	193,6
S Sultana	20	148	452
BC Buen Consejo	3	41,7	95,7
JC Julio Cesar	1,5	20,8	47,8
E Emilia	15	232	135
SV San Valentin	21,5	260	307
T Tomasa	12	180	90
SJ San José	3,5	427	77
GE Gloria Este			
G Gloria	5,5	62,7	89,6
B Brunta	6	82,2	168,6
CR Cabezo Rajao	2	100	120
N Navidad	2	30	20,2

DISTRIBUCION de los DEPOSITOS MINERALIZADOS
 LA UNION - SIERRA DE CARTAGENA

FIC. 5. Distribución de los cuerpos mineralizados y del metal contenido

Aguila) y con menor importancia en las calizas alpujárrides (Gorguel, Peña del Aguila, San Ginés), en los esquistos paleozoicos (Barranco de Mendoza, Cabo de Palos) y en el mioceno (Barranco de Mendoza, Coto Ponce).

Su longitud suele estar comprendida frecuentemente entre los 500 metros y un kilómetro, y su potencia del orden de un metro. Excepcionalmente se han explotado algunos de hasta 6 y 10 metros como el Juanito y el Rostchild.

Reticulaciones en el paleozoico

En los esquistos paleozoicos, además de los filones normales, se encuentran a veces impregnaciones de sulfuros a modo de reticulaciones o «stockwork» a favor de las superficies de discontinuidad y susceptibles de una explotación en masa. Se desarrollan principalmente sobre los 10 a 20 primeros metros de paleozoico, infrayacentes a algunos de los cuerpos mineralizados, sea bajo el «2.º manto», como ocurre en Los Blancos y Brunita, sea bajo el mioceno mineralizado, como en el Barranco de Mendoza y Sultana (Fig. 4). Estas mineralizaciones se estructuran dentro de contornos irregulares alargados según la fracturación N-130°

«Stockworks» y filones asociados a vulcanitas

Están desarrolladas especialmente en las zonas de La Parreta, Cabezo Rajao y La Crisoleja. En ellas existen una serie de filones de estructura compleja, entre los que destaca el de «la Raja» en el Cabezo Rajao, acompañados de una intensa alteración hidrotermal (silicificación, caolinización, cloritización, alunitización) de las vulcanitas (Fig. 3). En este contexto se sitúan también mineralizaciones tipo «stockwork», tanto en las vulcanitas como en las rocas encajantes, como es el caso de «las chiscarras», término local con que se designa a la desarrollada en las rocas carbonatadas alpujárrides en contacto con aquéllas (Fig. 5).

Mención aparte merece el «stockwork» desarrollado en el área de La Crisoleja, en relación con el domo subvolcánico allí existente; y en el cual aparece una paragénesis particular con mineralizaciones de hierro, plomo, plata y estaño (casiterita xiloide) (2).

En varios puntos, tanto de la zona del Cabezo Raja, como de la Cuesta de Las Lajas, aparecen diques-brecha o «pipas» afectados también por una mineralización similar (Fig. 3).

Monteras o Gossan

Aparte de los tipos morfológicos descritos y atendiendo a la composición mineralógica y su particular interés minero se deben mencionar también los cuerpos superficiales oxidados o «monteras». Su mineralización, formada por alteración de los sulfuros primarios, se caracteriza por la asociación de óxidos, hidróxidos y sulfatos descrita por Oen et al. como paragénesis 3 (13), apareciendo como minerales principales la gohetita, hematites, sílice y en menor proporción minerales del grupo de la jarosita, junto con carbonatos y minerales arcillosos. Como accesorios aparecen smithsonita, anglesita, cerusita, querargirita, así como una serie de óxidos complejos de manganeso conteniendo Fe, K, Ba, Pb, Zn, como coronadita, calcofanita, etc.

Mención especial merece el gossan de La Crisoleja, en relación con vulcanitas, donde además de el «stockwork» oxidado, se presentan unas masas tabulares silíceo ferruginosas de gran extensión y espesor (2), que sirvieron de base a una importante minería de hierro.

Procesos de concentración residual han producido zonas diferenciadas, enriquecidas en distintos metales (Pb, Ag, Sn) (11).

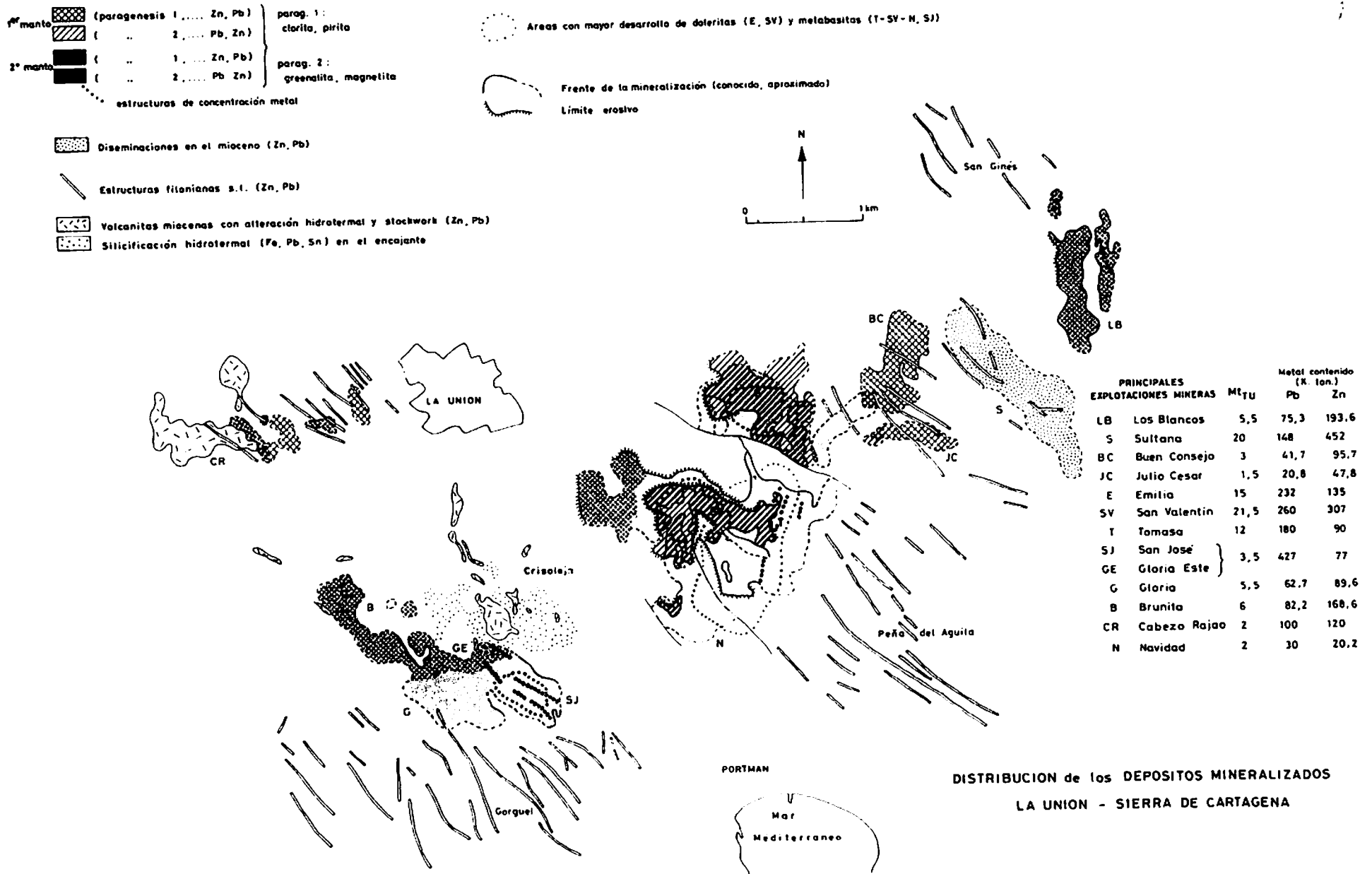


FIG. 5. Distribución de los cuerpos mineralizados y del metal contenido

Aguila) y con menor importancia en las calizas alpujárrides (Gorguel, Peña del Aguila, San Ginés), en los esquistos paleozoicos (Barranco de Mendoza, Cabo de Palos) y en el mioceno (Barranco de Mendoza, Coto Ponce).

Su longitud suele estar comprendida frecuentemente entre los 500 metros y un kilómetro, y su potencia del orden de un metro. Excepcionalmente se han explotado algunos de hasta 6 y 10 metros como el Juanito y el Rostchild.

Reticulaciones en el paleozoico

En los esquistos paleozoicos, además de los filones normales, se encuentran a veces impregnaciones de sulfuros a modo de reticulaciones o «stockwork» a favor de las superficies de discontinuidad y susceptibles de una explotación en masa. Se desarrollan principalmente sobre los 10 a 20 primeros metros de paleozoico, infrayacentes a algunos de los cuerpos mineralizados, sea bajo el «2.º manto», como ocurre en Los Blancos y Brunita, sea bajo el mioceno mineralizado, como en el Barranco de Mendoza y Sultana (Fig. 4). Estas mineralizaciones se estructuran dentro de contornos irregulares alargados según la fracturación N-130°

«Stockworks» y filones asociados a vulcanitas

Están desarrolladas especialmente en las zonas de La Parreta, Cabezo Rajao y La Crisoleja. En ellas existen una serie de filones de estructura compleja, entre los que destaca el de «la Raja» en el Cabezo Rajao, acompañados de una intensa alteración hidrotermal (silicificación, caolinización, cloritización, alunitización) de las vulcanitas (Fig. 3). En este contexto se sitúan también mineralizaciones tipo «stockwork», tanto en las vulcanitas como en las rocas encajantes, como es el caso de «las chiscarras», término local con que se designa a la desarrollada en las rocas carbonatadas alpujárrides en contacto con aquéllas (Fig. 5).

Mención aparte merece el «stockwork» desarrollado en el área de La Crisoleja, en relación con el domo subvolcánico allí existente; y en el cual aparece una paragénesis particular con mineralizaciones de hierro, plomo, plata y estaño (casiterita xiloide) (2).

En varios puntos, tanto de la zona del Cabezo Raja, como de la Cuesta de Las Lajas, aparecen diques-brecha o «pipas» afectados también por una mineralización similar (Fig. 3).

Monteras o Gossan

Aparte de los tipos morfológicos descritos y atendiendo a la composición mineralógica y su particular interés minero se deben mencionar también los cuerpos superficiales oxidados o «monteras». Su mineralización, formada por alteración de los sulfuros primarios, se caracteriza por la asociación de óxidos, hidróxidos y sulfatos descrita por Oen et al. como paragénesis 3 (13), apareciendo como minerales principales la gohetita, hematites, sílice y en menor proporción minerales del grupo de la jarosita, junto con carbonatos y minerales arcillosos. Como accesorios aparecen smithsonita, anglesita, cerusita, querargirita, así como una serie de óxidos complejos de manganeso conteniendo Fe, K, Ba, Pb, Zn, como coronadita, calcofanita, etc.

Mención especial merece el gossan de La Crisoleja, en relación con vulcanitas, donde además de el «stockwork» oxidado, se presentan unas masas tabulares síliceo ferruginosas de gran extensión y espesor (2), que sirvieron de base a una importante minería de hierro.

Procesos de concentración residual han producido zonas diferenciadas, enriquecidas en distintos metales (Pb, Ag, Sn) (11).

TABLA I
ACUMULACION METAL: ENSAYO DE CUANTIFICACION

YACIMIENTOS DE LA SIERRA DE CARTAGENA	MINERAL EXPLOTADO EN EPOCA RECIENTE 1940-1990 (Y reconstrucción de su procedencia)					MAGNITUD ORIGINAL PROBABLE DE LOS YACIMIENTOS (Explotado en todas las épocas más recursos geológicos)					Zonalidades Geoquímicas		
	Kt					Kt							
	TIPO CUERPO MINERALIZADO	Mineral Bruto	Metal contenido				Mineral Bruto	Metal contenido				Fe: Pb+Zn	Zn: Pb
Fe			Pb	Zn	Ag	Fe		Pb	Zn	Ag			
1.º Manto	38.000	12.920	494	456	0,570	55.000	18.700	715	660	0,825	13.6	.92	1.154
gossan de 1.º Manto						15.000	4.500	300	75	0,450	12	.25	1.333
2.º Manto	36.000	10.800	504	720	0.630	58.000	17.400	812	1.160	1.015	8.8	1.43	1.250
gossan de 2.º Manto						10.000	3.000	140	200	0,175	8.8.	1.43	1.250
Capa negra	300	60	5	8	0,006	800	160	12	20	0,016	5	1.67	1.333
Diseminaciones en el Mio- ceno	9.000	1.440	72	224	0.094	40.000	6.000	250	776	0,321	5.8	3.10	1.284
gossan asociado						10.000	1.500	30	290	0,039	4.7	9.67	1.300
Filones	2.000	200	80	120	0,096	4.000	560	200	240	0,280	1.3	1.20	1.400
Reticulaciones en el Pale- zoico	700	70	6	17	0.007	3.000	300	25	72	0,030	3.1	2.88	1.200
«Stockwork» y filones en vu- canitas neógenas	2.500	250	62	100	0.108	4.000	400	200	200	0,300	1	1.00	1.500
gossan asociado (La Cri- soleja)						40.000	12.000	520	120	0,624	18.7	.23	1.200
TOTAL	88.500	25.740	1.223	1.645	1.511	239.800	64.520	3.201	3.808	4,087	9.2	1.19	1.277

Dado que parte de los límites de los cuerpos mineralizados son por erosión, la presente estimación de la magnitud original de los yacimientos es en principio por defecto, si bien ha sido tomada en consideración la importancia de los derribos, coluviales y aluviales, de minerales oxidados depositados en las vertientes de la sierra, y especialmente en el glacis al norte de ésta. (Se han estimado más de 20 millones de toneladas con importante contenido en metales.)

Aunque en este cuadro (Tabla I), se han agrupado los depósitos minerales según su morfología y posición estratigráfica independientemente de su paragénesis, no obstante se pueden extraer algunos rasgos geoquímicos generales:

- a) La mayor proporción de Fe frente al Pb y Zn corresponde a los depósitos tipo «manto», y en especial al «1.º manto», con la salvedad del gossan de La Crisoleja.
- b) $Zn > Pb$ en todos los depósitos, excepto en las paragénesis tipo 2 de los «mantos», sus gossan y el gossan de La Crisoleja. Este predominio del Zn es más notable en las mineralizaciones afectando al mioceno y al paleozoico subyacente a él en la zona de Sultana.
- c) La proporción de Ag, siempre superior al kg por tm de Pb, es más elevada en los depósitos ligados espacialmente a vulcanitas neógenas.
- d) El carácter geoquímico de la montera de La Crisoleja difiere fuertemente de las mineralizaciones primarias homólogas, siendo más afín al gossan del «1.º manto».

ASPECTOS ECONOMICOS Y MINEROS

La importancia de estos yacimientos ha sido clave para el desarrollo de la región en las diversas épocas históricas y concretamente en las tres etapas álgidas de actividad minera: La dominación romana, la segunda mitad del siglo XIX y primer cuarto del XX, y la etapa actual desde los años 40 a la actualidad.

La minería romana se centró en la plata y secundariamente en el plomo, procedentes tanto de las monteras de óxidos como de los depósitos de sulfuros.

La segunda gran etapa minera, ya en el siglo pasado, se caracterizó por una diversificación de las menas y las sustancias beneficiadas. Tras una fase inicial de «minería residual», aprovechando escombreras romanas, se pasa a la explotación intensiva de las monteras de óxidos (etapa de los «carbonatos») y posteriormente a la de los depósitos de sulfuros (18).

Si bien la producción ha estado siempre centrada en el plomo y la plata, otros metales van a tener gran importancia en la economía del distrito. Así la producción de Zn adquiere relevancia a partir de 1864, alcanzándose un ritmo anual superior a las 20.000 tm de metal. Análogamente el Fe pasa a tener gran importancia minera a partir de 1873, llegándose a alcanzar un ritmo superior a las 300.000 tm año de mineral bruto.

Otras sustancias, como Barita, Manganeso, etc. son objeto más coyunturalmente de la actividad minera. Así ocurre con el Estaño, cuya minería cuantitativamente muy secundaria, ha estado muy localizada tanto geográficamente (área de Las Lajas y de La Crisoleja) como en el tiempo (de 1906 a 1916 y de 1925 a 1947).

La etapa minera actual arranca de la década de los cuarenta, con la puesta en marcha de los primeros lavaderos de flotación diferencial que permiten el beneficio óptimo de las menas complejas de los «mantos», y se consolida en los años sesenta con el desarrollo de las grandes explotaciones mecanizadas a «cielo abierto».

En esta etapa actual las diversas explotaciones de la sierra han producido unos 89 millones de tm de mineral bruto. De ellos, 55 corresponden a una sola empresa (S. M. M. Peñarroya-España), que lidera la minería del distrito, hasta finales de 1988.

En la actualidad con una producción anual de unos 2,5 M. tm de t.u., que en metal contenido supone unas 30.00 tm de Zinc, 25.000 tm de Pb y 27.000 kg de Ag, estas explotaciones ocupan el primer puesto en la producción española de Pb, con un 30 % del

total nacional: el primer puesto en la producción de Ag, con un 15 % del total, y el segundo en la de Zn, con el 13 % del total español.

Sin embargo, una progresiva pérdida de rentabilidad, paralela al agotamiento de las reservas más ricas, además de las crecientes restricciones medioambientales parece que determinarán inexorablemente la inviabilidad de estos yacimientos, y el cierre de las explotaciones en plazo próximo. La compañía Peñarroya abandonó a fin de 1988 la actividad minera, transpasando sus derechos mineros y explotaciones a una nueva empresa, Portman Golf, que si bien continúa con la actividad extractiva sus principales intereses son urbanísticos e inmobiliarios, por lo que previsiblemente, la vida que le resta a este milenarío distrito minero será muy breve, a pesar de los importantes recursos minerales que aún encierra.

HIPOTESIS GENETICAS, TIPOLOGIA Y CLASIFICACION

La génesis de estos yacimientos, ha sido y es aún muy controvertida, particularmente entre los defensores de una única fase de mineralización, ligada al vulcanismo neógeno, y los que propugnan además una actividad metalogenética anterior.

La primera postura se encuentra en los trabajos de Friedrich, Espinosa et al, Oen et al, y Kager; y la segunda en los de Guardiola, Urban, Pavillón, Alabert y Ovejero et al.

Estos dos planteamientos, tal como se exponen en los trabajos de Oen et al y Ovejero et al respectivamente son básicamente los siguientes:

1. Para Oen et al la actividad hidrotermal asociada al subvolcanismo terciario sería la responsable de todos los depósitos, tanto los intravolcánicos, como los encajados en materiales preliocenos. Según esta idea, los «mantos» son cuerpos epigenéticos resultantes de reemplazamientos preferenciales por combinación de controles litológicos y estructurales.

Solamente se excluyen de esta generalización ciertas mineralizaciones de galena en las dolomías del triás alpujarride, como las del Cabezo de San Julián, cerca de Cartagena (Fig. 1), comparables a las mineralizaciones singenéticas presentes a escala regional en las cordilleras Béticas.

2. Para Ovejero et al existen dos épocas metalogenéticas: Una principal preorogénica y probablemente intratriásica en relación con procesos subvolcánicos y exhalativos (vulcanismo básico representado por metabasitas y doleritas) y una segunda tardiorogénica, ligada al hidrotermalismo epitermal del vulcanismo neógeno, y eventualmente a otros procesos hidrogeológicos sin relación directa con él. Según este punto de vista, los «mantos» serían depósitos epigenéticos metasomáticos («1.^{er} manto») y singenéticos volcano-sedimentarios («2.^o manto») genéticamente ligados al episodio básico, que han sufrido la misma historia geológica, plegamiento y metamorfismo, que las rocas encajantes.

Revisión de las ideas metalogénicas

Dentro del contexto metalogénico de las cordilleras Béticas, e incluso a escala de la Península Ibérica, el distrito de Cartagena constituye una excepcional concentración de metal (7 Mt Zn + Pb, 65 Mt Fe), que se destaca ampliamente de los otros distritos mineros, incluidos los principales (Mazarrón 1 Mt Zn+Pb, Almagrera 0,2 Mt Pb, Lújar 0,2 Mt Pb, Gádor 1,2 Mt Pb). Este carácter excepcional o de «monstruo metalífero» parece sugerir una especial acumulación de factores y, o, de fenómenos metalogenéticos, más bien que un proceso único.

Sobre esta base objetiva de partida, trataremos de buscar una reconciliación entre las dos principales hipótesis:

Puntos de acuerdo:

- A escala regional está reconocida la asocioación entre el volcanismo neógeno y ciertas mineralizaciones Pb, Zn, Au, Sn, etc. principalmente en los distritos de Sierra de Gata, Mazarrón y Cartagena.
- A escala de la Sierra de Cartagena se reconoce un control estructural principal (fracturación N-130°) que condiciona la ubicación de los cuerpos de vulcanitas neógenas, así como la situación y morfología de al menos una parte de los depósitos minerales.

Dicho control es evidente en el caso de los cuerpos filonianos, asociados o no a las vulcanitas neógenas. Es claro también para las diseminaciones en el mioceno, donde se muestra no sólo en su morfología, sino también en la estructura de su reparto metal.

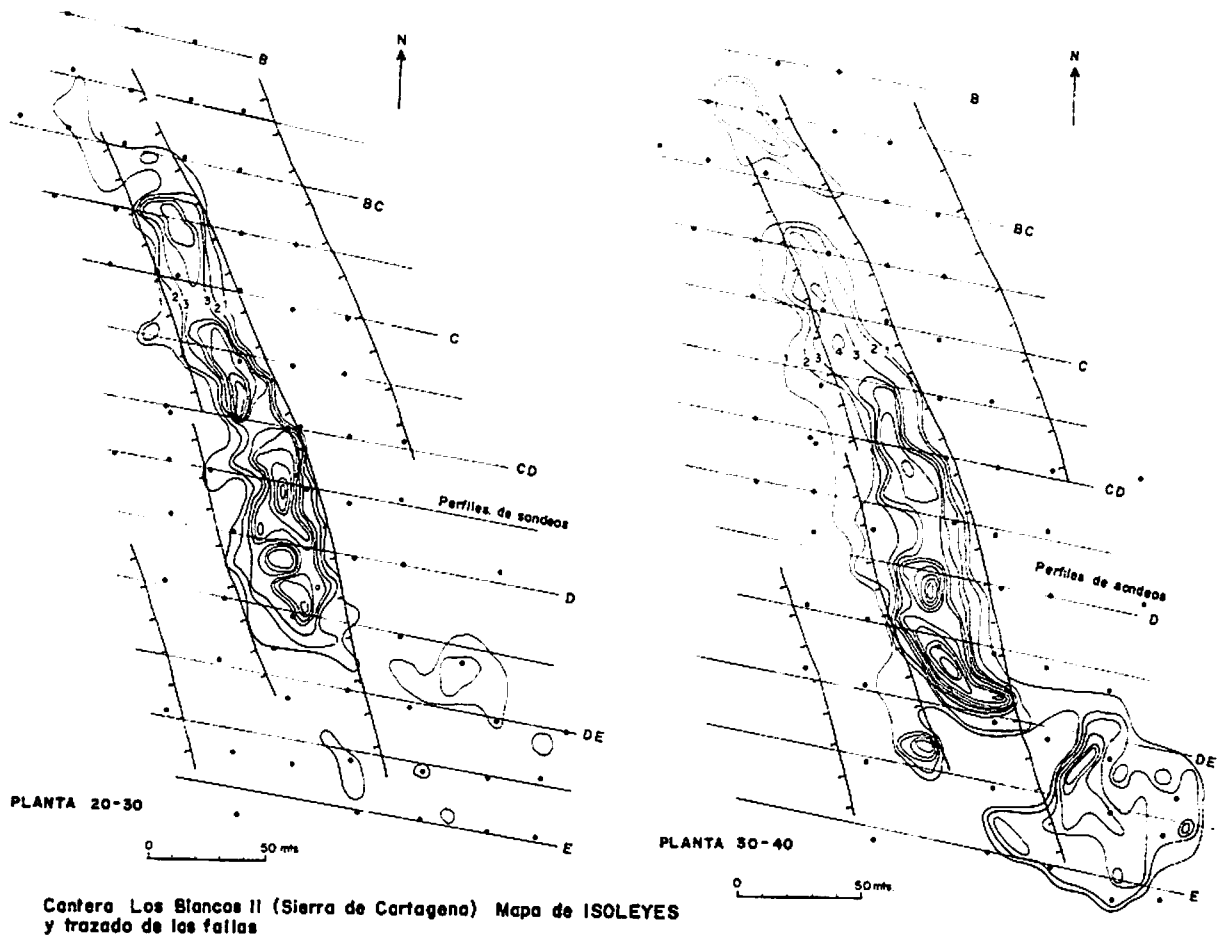


FIG. 6. Control estructural de la mineralización en el «2.º manto».

Respecto a los depósitos tipo «manto», si no de una manera general, al menos localmente, se puede deducir también este control estructural. Así es muy destacable la disposición de los depósitos de «2.º manto» del sector Brunita-Gloria-San José según un eje N-130°. Otro caso especialmente claro lo tenemos en la zona de Los Blancos, particularmente en Los Blancos Este, donde tanto la morfología del cuerpo mineralizado, como la anisotropía del reparto metal, manifestada por los variogramas, reproduce fielmente la dirección de las fallas, que en dicha zona es N-160° (fig. 6).

En la zona de Julio César, se aprecia también una elongación del depósito de «1.º manto» según la dirección N-130.

- c) Los «mantos», tanto el primero como el segundo, cuando encajan en rocas carbonatadas presentan claros fenómenos de reemplazamiento a favor de la fracturación y de otras superficies de discontinuidad. Es característico además la disposición de las mineralizaciones (sulfuros, carbonatos, sílice...) como rellenos de fracturas y cavidades dentro de la roca calcárea metasomatizada (greenalita).
- d) Se aprecia una gran similitud, en ciertas características texturales y composicionales, tanto de los sulfuros como de los carbonatos, de los diferentes cuerpos mineralizados, al margen de su posición estratigráfica.

Todos estos hechos son coherentes con la evidente existencia de una fase metalogénica neógena, hidrotermal volcanogénica. Ella sería el origen de las mineralizaciones asociados directamente a las vulcanitas («stockworks» y filones), de las mineralizaciones filonianas en general y al menos de la actual morfología o estructura de otros cuerpos mineralizados a los que antes se ha aludido (diseminaciones en el mioceno y sectores concretos de los mantos).

Puntos conflictivos. Interrogantes abiertos

Si las observaciones descritas ponen de manifiesto la importancia del episodio metalogénico neógeno, existen otra serie de ellas, desde la escala local a la regional, que independiente de la influencia de escuelas o modas metalogénicas, han llevado a pensar en una posible fase mineralizadora precedente, para explicar el origen de los «mantos». Estas observaciones, si no concluyentes, plantean desde luego unos interrogantes que hoy por hoy siguen abiertos:

A la escala local:

- a) Para el «2.º manto» los argumentos se apoyan en su control litoestratigráfico, su morfología, su relación con la deformación alpina y en ciertas zonalidades espaciales, como se expone seguidamente:

El «2.º manto» se presenta dentro de una unidad litológica concreta (esquistos cloríticos predominantemente) y siempre en una posición estratigráfica precisa: permo-trías nevado-filábride (Fig. 2)

Dicho cuerpo se presenta concordante con el resto de la serie nevado-filábride y conforme con las estructuras de plegamiento a las diferentes escalas. La mineralización presenta frecuentemente estructura bandeada, paralela a la esquistosidad principal.

En su conjunto, el «2.º manto» presenta una morfología claramente estratoide: gran desarrollo superficial (40 km²) frente a un espesor proporcionalmente insignificante.

La asociación del «manto de silicatos» (greenalita y clorita) a las metabasitas, podría sugerir una relación genética. A este respecto la disposición espacial entre los dos tipos de paragénesis del «manto», deja entrever una zonalidad con respecto a las rocas básicas: Tipo greenalita-magnetita en las zonas más próximas a ellas y tipo clorita-pirita en zonas más alejadas (fig. 5).

La presencia en la misma posición estratigráfica que el «segundo manto» de niveles lenticulares (Fe, Ba, Zn, Pb) concordantes con las rocas encajantes en zonas periféricas a las de los «mantos» (Cabo del Agua) (fig. 1).

- b) Respecto al «1.º manto», los dos puntos que plantean interrogantes a la hipótesis de fase metalogénica única, son su posición exclusiva en la unidad alpujárride inferior, y la estrecha asociación espacial de la paragénesis dominante greenalita-magnética con las doleritas. En este sentido parece significativa también la presencia de indicios de Fe, Pb, Zn, asociados a sills doleríticos en áreas alejadas de los «mantos» (Sierra Gorda) (Fig. 1).

- c) En relación con la mineralización denominada «capa negra», el interrogante radica en el carácter claramente concordante de los sulfuros con los lechos sedimentarios y la naturaleza ampelítica de los mismos, que haría pensar más bien en un origen singenético.
- d) Finalmente, en los sedimentos miocenos mineralizados la presencia de materia orgánica asociada a los sulfuros podría sugerir una primera concentración sedimentaria; si bien como ya se ha señalado, la configuración general del yacimiento es epigenética.

A la escala regional:

Si extendemos las observaciones anteriores al ámbito general de la metalogía de las Béticas orientales, encontramos las siguientes coincidencias:

Numerosos yacimientos ferríferos, de supuesta edad triásica (12), se distribuyen a lo largo de 200 km en las rocas carbonatadas alpujárrides y nevado-filábrides, con especial desarrollo en estas últimas (minas de Alquife), asociados en algunos casos a rocas básicas preorogénicas. Entre ellos y los «mantos» de Cartagena, también fundamentalmente ferríferos ($Fe:Zn + Pb = 9.2$), encontramos una gran analogía en el contexto geológico, pudiéndose establecer las siguientes correlaciones:

- Con el «1.º manto»: las masas mineralizadas epigenéticas de Sierra de Enmedio y de Almagro, asociadas a doleritas alpujárrides.
- Con el «2.º manto»: los depósitos estratiformes nevado-filábrides, asociados o no a metabasitas, y de naturaleza (¿volcano?)-sinsedimentaria-epigenética (15) ocasionalmente con anomalías geoquímicas en Zn-Pb, y presentes en Sierra Nevada, Filabres, Almagrera, Almenara y en la propia comarca de Cartagena (Cabezo Gordo), a 20 km al N. del área de los «mantos».
- Otro punto de paralelismo dentro de un contexto estratigráfico próximo y en el vecino ámbito estructural Subbético, son los depósitos de magnetita de Cehegín, asociados a ofitas triásicas y para los que recientemente se ha propuesto un origen volcano-sedimentario (7).

CONCLUSIONES

Diferentes argumentos conllevan a asignar al conjunto de las mineralizaciones un origen hidrotermal conectado a la actividad magmática miocena, con el resultado de tipos muy variados de depósitos.

Sin embargo hay aspectos no satisfactoriamente explicados en lo que concierne a los «mantos», por lo que no se debe excluir totalmente la presencia de mineralizaciones previas, fundamentalmente ferríferas, ligadas al volcanismo básico preorogénico.

La fuerte impronta impuesta por el hidrotermalismo neógeno, condiciona la morfología, el reparto metal, y otros aspectos de los depósitos minerales, y hace muy difícil verificar esta última hipótesis de una etapa de mineralización preorogénica.

BIBLIOGRAFIA

1. Alabert, J.: «La province plombo-zincifère des cordilleres betiques (Espagne meridional)». *Essai typologique*. Thèse Univ. de Nancy, 1973.
2. Arribas A.; Moro, M. C.; Ovejero, G. y Santiago, I.: «El Sn asociado al subvolcanismo neógeno de La Crisoleja, Sierra de Cartagena (cordilleras béticas)». *I Congreso Español de Geología*, tomo II, pp. 403-414, 1984.
3. Bellón, H.: «Séries magmatiques Néogènes et Quaternaires du pourtour de la Méditerranée occidentale, comparées dans leur cadre géochronométrique». Thèse Univ. de Paris-sud, *Centre d'Orsay*, 367 pp., 1976.
4. Espinosa, J.; Martín, J. M. y Pérez Rojas, A.: «Mapa geológico de España 1:50.000. Hojas 977 (Cartagena) y 988 (Llano del Beal)». *Inst. Geol. y Min. de España*, 1974.
5. Friedrich, G.: «Über ein dem Greenalit maestebendes mineral der Serpentinegrupe aus den subvulkanischen hidrotermalen erzvorkommen der Sierra de Cartagena in Spanien». *Beitr. Mineralogie Petrographie*, v. 8, pp. 189-198, 1962.
6. Friedrich, G.: «Largerstattenkundliche untersuchungen an der erzvorkommen der Sierra de Cartagena in Spanien». *Geol. Jahrb. Beiheft 59*, 108 pp., 1964.
7. García Cervigón, A.; Estévez, A. y Fenoll Hach-Ali P.: «Los yacimientos de magnetita del Coto minero de Cehegín (Zona Subbética, provincia de Murcia)». *Cuadernos de Geología*, Universidad de Granada, pp. 123-140.
8. Guardiola, R.: «Estudio metalogénico de la Sierra de Cartagena». *Inst. Geol. y Min. de España*, Mem. v. 53, 564 pp., 1927.
9. Kager, P. C. A.: «Mineralogical investigations on sulfides, Fe-Mn-Zn-Mg-Ca carbonates, greenalite and associated minerals in the Pb-Zn depositss in the Sierra de Cartagena, province of Murcia, S. E. Spain.» Thesis University Amsterdam, *GUA papers of geology series 1*, núm. 12, 1980.
10. López García, J. A.: «Estudio mineralógico, textural y geoquímico de las zonas de oxidación de los yacimientos de Fe, Pb, Zn de la Sierra de Cartagena, Murcia». *Tesis Depto. Crist. y Mineralogía*, Univ. Complutense Madrid, 1985.
11. Lunar, R.; Manteca, J. I.; Rodríguez, P. y Amorós, J. L.: «Estudio mineralógico y geoquímico del gossan de los depósitos de Fe, Pb, Zn de la Unión (Sierra de Cartagena)». *Bol. Geol. y Min.* T. XCIII-III, pp. 244-253, 1982.
12. Martín, J. M. y Torres Ruiz, J.: «Algunas consideraciones sobre la convergencia de medios de depósito de las mineralizaciones de hierro y plomo-zinc-fluorita de origen sedimentario encajados en rocas triásicas de los complejos Nevado-Filábride y Alpujárride del sector central de la Cordillera Bética». *Bol. Geol. y Min.* T. XCIII-IV, pp. 314-329, 1982.
13. Oen, I. S.; Fernández, J. C. y Manteca, J. I.: «The Lead-Zinc and associated ores of La Unión, Sierra de Cartagena, Spain». *Econ. Geol.* vol. 70, pp. 1259-1278, 1975.
14. Ovejero, G.; Jacquín, J. P. y Servajeau, G.: «Les mineralisations et leur contexte geologique dans la Sierra de Cartagena (Sud-Est de l'Espagne)». *Bull. Soc. Geol. France*, T. XVIII, pp. 613-633, 1976.
15. Torres Ruiz, J.: «Genesis and Evolution of the Marquesado and Adyacent Iron Ore Deposits, Granada, Spain». *Econ. Geol.* v. 78, pp. 1657-1673, 1983.
16. Pavillón, M. J.: «Paleogeographies, volcanismes structures, mineralisations plombo-zinciferes et heritages dans l'Est des Cordilleres Betiques (Zones internes)». Thèse Université Paris, 623 pp., 1972.
17. Urban, H.: «Neue Untersuchungsergebnisse zur genese der im östliche teil der erzprovinz von Cartagena (spanien) gelegenen, Blei-Zinkerz vorkommen». *Mineralium Deposita*, v. 3, pp. 162-170, 1968.
18. Vilar, J. B.; Egea Bruno, P. M.: «La minería murciana contemporánea (1840-1930)». Caja Murcia-Univ. de Murcia, 1985.
19. Vilar, J. B.; Egea Bruno, P. M.; Fernández Gutiérrez, J. C.: «La minería murciana contemporánea (1930-1985)». *Inst. Tecn. y Geomin. de España*, 1991.