

Cuadernos Geología Ibérica	Vol. 7	Págs. 405-418	Madrid 1981
----------------------------	--------	---------------	-------------

ESTUDIO METALOGENICO
DE LA MINERALIZACION DE Ag
DE PRADENA DEL RINCON
(SISTEMA CENTRAL ESPAÑOL)

POR
E. VINDEL * y P. GUMIEL **

SITUACION GEOGRAFICA

La mineralización de Ag de Prádena del Rincón está situada en el extremo oriental de la sierra de Guadarrama, en las proximidades de la carretera que conduce de Prádena del Rincón a Montejo de la Sierra, hoja número 458 (Prádena) del M. T. N. a escala 1 : 50.000. Su localización exacta puede verse en la figura 1.

ENCUADRE GEOLOGICO REGIONAL

La zona de estudio está ocupada por un conjunto de materiales metamórficos.

En el extremo oriental de la sierra de Guadarrama y primeras estribaciones de Somosierra (entre Atienza-Hiendelaencina y Somosierra) se ha establecido un modelo de seriación metamórfica que corresponde a un metamorfismo condicionado por un gradiente geotérmico bajo (FUSTER *et al.*, 1974).

El metamorfismo de este sector se caracteriza por una secuencia mineralógica progresiva: clorita-cloritoide-estaurolita-distena-sillimanita. La aparición de esta serie progresiva, junto con la ausencia de andalucita (regional) y cordierita, indica que se trata de un metamorfismo de alta presión que tiene analogías con el modelo «Barrowiense». El gradiente geotérmico se considera cercano a $25^{\circ} \pm 50^{\circ}$ C y una presión comprendida entre 4 y 6 Kb (FUSTER y GARCIA CACHO, 1970 y 1971, y GARCIA CACHO, 1973).

* Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Madrid.
** Div. Investigaciones Mineras. IGME.

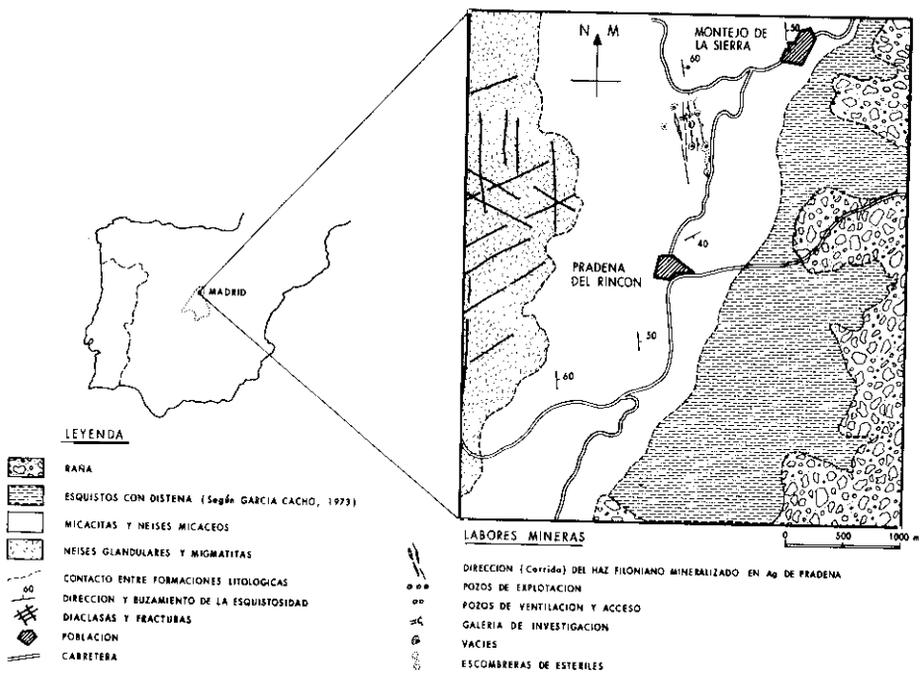


FIG. 1.—Esquema geológico-minero de los alrededores de la mineralización de Ag de Prádena del Rincón (Sistema Central español).

SCHAFER (1969) considera el gradiente comprendido entre 30° y 50° C, y BARD *et al.* (1970), $35^{\circ} \pm 50^{\circ}$ C, aunque posteriormente (BARD *et al.*, 1971) lo rebajaron a 30° C.

Por lo que se refiere a la litología, los materiales poco metamorfiados son pizarras y filitas ampelíticas con paragénesis sencillas (cuarzo + moscovita + clorita \pm opacos). La aparición del cloritoide marca el tránsito a rocas esquistosas con biotita y granate en las que la clorita entra en regresión hasta su total desaparición, que coincide con la aparición de la estaurolita. Las zonas de la estaurolita y de la distena afectan a formaciones esquistosas. La desaparición de estaurolita y distena coincide con la aparición regional de feldespato potásico y sillimanita (FUSTER y GARCIA CACHO, 1970; GARCIA CACHO, 1973, y LOPEZ RUIZ *et al.*, 1975). En esta última zona, en la que se encuentra situada la mineralización objeto de estudio, las unidades litológicas son micacitas, gneises micáceos, gneises glandulares y migmatitas. El feldespato potásico puede estar ausente y en este caso las rocas adquieren aspecto esquistoso.

Desde el punto de vista tectónico, han sido reconocidas por diversos autores cuatro fases hercínicas, que han sido sintetizadas por

LOPEZ RUIZ *et al.* (1975). De ellas, las dos primeras (F_1 y F_2) son las fundamentales y las responsables de las deformaciones más intensas y del metamorfismo.

La tercera fase (F_3) tiene menor importancia que las anteriores, es postmetamórfica y sólo genera esquistosidad en los niveles altos (FERNANDEZ CASALS, 1976).

Por último, GARCIA CACHO (1973) establece una F_4 , tardía y responsable de la deformación de las esquistosidades anteriores y que origina microestructuras tipo «kink-bands».

La tectónica de fracturación tardihercínica en la zona viene representada por una serie de alineaciones de fracturas con direcciones fundamentalmente NE-SW y NNE-SSW (PARGA, 1969).

En el área de estudio no afloran granitoides como en otras zonas del Guadarrama. No obstante, y por su importancia desde el punto de vista metalogénico, hay que destacar que al sur del área se encuentra emplazado el batolito de La Cabrera, constituido por adamellitas y algunas facies marginales de carácter granodiorítico. Asimismo, aparecen abundantes diques filonianos de carácter ácido (aplititas y pegmatitas). Este plutón de La Cabrera constituye uno de los términos más tardíos y diferenciados del conjunto de rocas graníticas del Sistema Central, formando parte de la misma unidad evolutiva (BELLIDO, 1979). Su emplazamiento ha tenido lugar en la etapa postparoxismal hercínica (FERNANDEZ CASALS, 1976, y BELLIDO, 1979).

Desde el punto de vista metalogénico, en la sierra de Guadarrama se localizan numerosas mineralizaciones de Sn, W, As, Cu, Pb, Zn, Ag, Ba y F, fundamentalmente filonianas, intragraníticas o encajadas en rocas metamórficas. Estas mineralizaciones presentan una distribución zonal normal, excéntrica y controlada por un gradiente térmico cuyo centro generador se sitúa cercano al plutón de La Cabrera. Estas mineralizaciones se han clasificado como hidrotermales plutónicas. El ámbito de constitución son los granitos y rocas metamórficas encajantes; el ámbito de transporte, soluciones que provienen del granito y que han circulado favorecidas por la existencia de fracturas y discontinuidades. Finalmente, el ámbito generador estaría representado por el plutón de La Cabrera, uno de los términos más diferenciados del complejo granítico del Sistema Central (VINDEL, *in litt.*).

ESTUDIO DE LA MINERALIZACION

Naturaleza de la roca encajante

La mineralización de Ag de Prádena del Rincón encaja en micacitas y gneises micáceos (Foto 1), que pasan insensiblemente a gneises más

feldespáticos. Estos gneises micáceos están compuestos en su mayor parte por cuarzo y biotita que se orienta según una foliación marcada. Asimismo, se encuentra moscovita, que ha crecido en continuidad con la biotita. Acompañando al cuarzo aparece microclina peritítica y plagioclasa subordinada. Son frecuentes los intercrecimientos micrográficos entre ortosa y cuarzo.

También, y acompañando a la biotita, se encuentra sillimanita fibrosa, que está transformándose en moscovita. La cloritización de biotitas es un proceso frecuente en el que se han liberado cristales aciculares de rutilo, esfena y opacos.



Foto 1.—Gneises micáceos de la formación encajante de la mineralización de Ag de Prádena del Rincón (N-S/60° E).

Como minerales accesorios se reconocen apatitos dispersos y pequeños circones incluidos en biotitas.

Esta roca encajante se presenta poco alterada. No obstante, en la proximidad a los filones la roca muestra una fuerte silicificación y una cierta cloritización hidrotermal de biotitas.

Las alteraciones hidrotermales que presenta la roca encajante se restringen al inmediato contacto con los filones, existiendo un gradiente de disminución progresiva a medida que se alejan de éstos.

Caracteres geológico-mineros: morfología y disposición de la mineralización

La mineralización, objeto de estudio, se presenta en un haz filoniano de dirección norteada (N 5-10° W) con buzamientos que oscilan entre 70° E y subverticales.

La potencia de los filones es variable, oscilando de centimétrica a métrica. No obstante, es difícil verificar actualmente la potencia real de las cajas filonianas dada la inaccesibilidad de las labores.

Por información verbal de antiguos mineros, parece que existieron dos «filones maestros», objeto de explotación, uno en el extremo occidental y otro en el oriental del haz filoniano. Estos filones alcanzaban potencias hasta de 1 m y 1,5 m de caja. La potencia reducida de la mineralización en los filones oscila entre 2 cm y 10 cm, superando raras veces los 15 cm.

El haz filoniano presenta una morfología de aspecto lenticular con ensanchamientos y estrechamientos de los filones. Esto hace que la mineralización normalmente se concentre en bolsadas en zonas favorables, dando lugar a bonanzas, las cuales fueron el objeto principal de la explotación.

Una característica de estos filones es que se presentan discordantes con las rocas encajantes.

La explotación de la mina se llevó a cabo a finales del siglo XIX y principios del XX. El método de explotación fue mediante pozos y galerías siguiendo la dirección de los filones principales («filones maestros»). También se observa algunas rafas de investigación transversal a la dirección de los filones. Actualmente las labores son inaccesibles y las condiciones de observación son muy deficientes. La importancia de la mina fue considerable, como demuestra el volumen de escombreras existente (foto 2).

La disposición de la mineralización en los filones da lugar a las siguientes estructuras filonianas:

— *Mineralización de Ag (freibergita) de relleno de fisuras y huecos en cuarzo en mosaico.*— Normalmente la mineralización de inte-

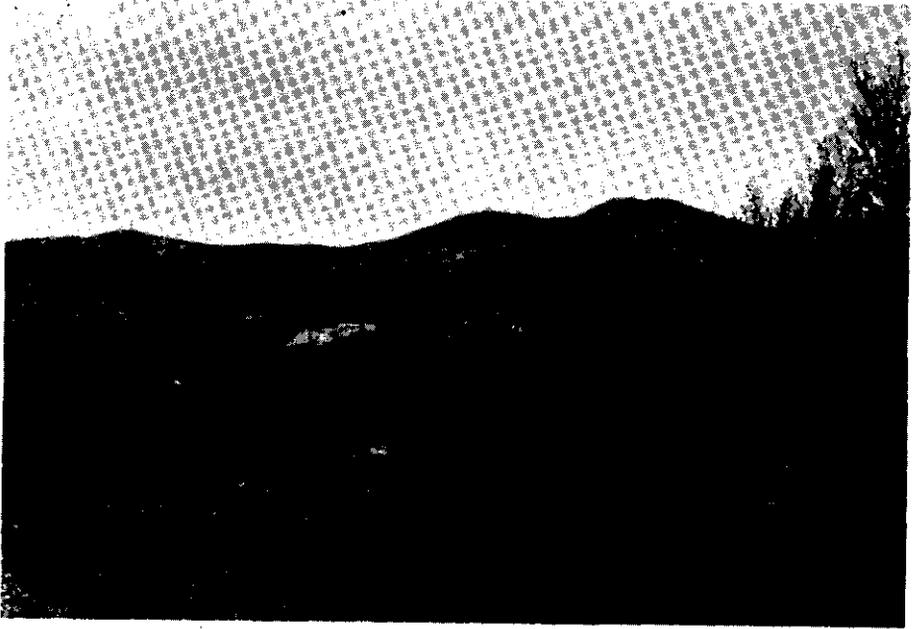


Foto 2.—Escombreras de estériles siguiendo la dirección filoniana (N-S a N 10° W) del haz mineralizado en Ag de Prádena del Rincón.

rés económico (freibergita) se dispone rellenando fisuras y huecos (foto 3), dando lugar a pequeños nidos en un cuarzo en mosaico de aspecto lechoso y bastante fisurado.

- *Diseminación de arsenopirita (y freibergita accesoria) en cuarzo y en la roca encajante.*—Otra disposición frecuente de la mineralización es la diseminación de arsenopirita de aspecto laminar y en agregados en forma de pajuelas, en el cuarzo y en la roca encajante.
- *Mineralización de relleno de brechas filonianas.*—Finalmente, la mineralización se dispone rellenando huecos en un cuarzo de aspecto drúsico y brechoide. Esta disposición en brechas filonianas es bastante accesoria en este yacimiento.

Caracteres metalogénicos: paragénesis y sucesión mineral

En primer lugar se va a describir la mineralogía del yacimiento, clasificando los minerales en hipogénicos y supergénicos y distinguiendo los que constituyen la ganga. Se ponen con mayúsculas aque-

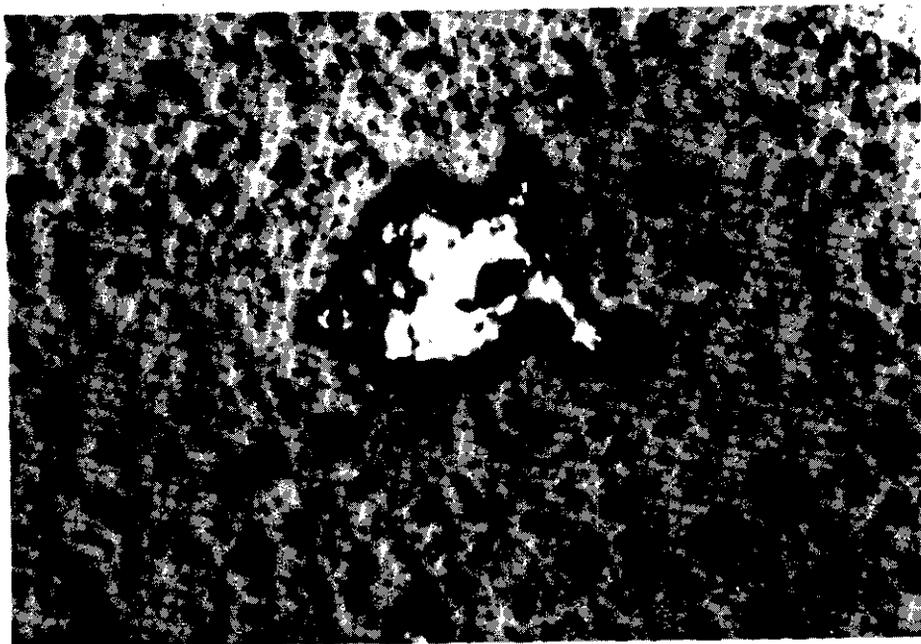


Foto 3.—*Freibergita* (blanco) relleno huecos en cuarzo (gris). L.N.×50.

llos que son principales en el yacimiento y con minúsculas los accesorios.

Minerales hipogénicos: ARSENOPIRITA, PIRITA, calcopirita, tetraedrita, bismuto, bismutina, *freibergita*, proustita-pirargirita, argenta, plata nativa.

Minerales supergénicos: marcasita, goethita, escorodita.

Minerales de la ganga: CUARZO.

ARSENOPIRITA

Se presenta en cristales muy fracturados, cataclásticos y a veces muy heterométricos. Es uno de los primeros minerales en formarse, pues en fisuras dentro de ella contiene a los restantes minerales de la paragénesis.

PIRITA

Se presenta en forma de cristales idiomorfos o subidiomorfos que se disponen en fisuras dentro de la arsenopirita. A veces estos cristales aparecen limonitizados.

Calcopirita y tetraedrita

Ambos minerales aparecen de forma accesoria y casi siempre asociados entre sí. Rellenan huecos y fisuras en la arsenopirita y rodean e incluyen a los cristales de pirita.

Bismuto y bismutina

La bismutina se encuentra del mismo modo rellenando huecos en la arsenopirita (foto 4) y presenta en su interior granos extraordinariamente pequeños de bismuto nativo.



Foto 4.—Bismutina (gris) rellenando huecos en arsenopirita (blanco). Obsérvese el pleocroísmo de reflexión de la bismutina. L.N. $\times 200$, inmersión.

Minerales de Ag

Los minerales de Ag, que son los que dieron interés económico al yacimiento, se disponen rellenando huecos en el cuarzo (foto 3) y en la arsenopirita.

El mineral de Ag más abundante en el yacimiento es un cobre gris rico en Ag, freibergita. Este mineral ha sido comprobado mediante análisis puntual por microsonda electrónica. Hay que destacar el alto

contenido en Ag de dicha freibergita, pues el análisis puntual semicuantitativo ha dado un porcentaje aproximado entre 35 y 45 % de Ag.

Asociados a la freibergita se encuentran pequeños granos de *platas rojas* (proustita-pirargirita) (foto 5) y *argentita*. Esta última se trata sin

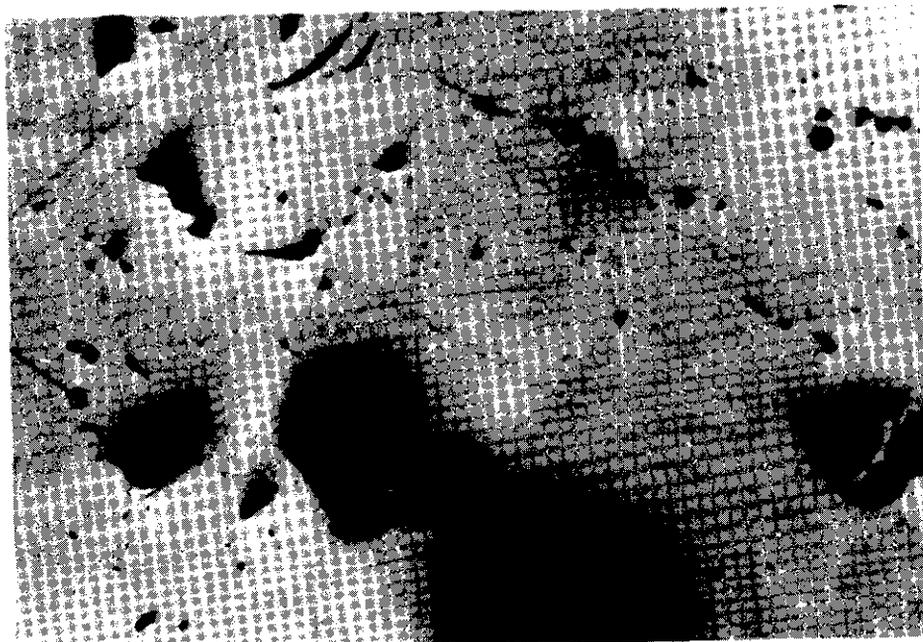


Foto 5.—Grano de proustita-pirargirita (gris medio) incluido en freibergita (gris claro). L.N. $\times 200$, inmersión.

duda de la forma de baja temperatura, acantita, como demuestra su marcada anisotropía con nicoles cruzados.

Finalmente, aparecen pequeños granos en forma de «gotas» de *plata nativa* incluidos en los restantes minerales de Ag, que destacan por su elevada reflectividad.

Minerales supergénicos

La *marcasita* se ha formado a expensas del reemplazamiento de la pirita, pues aún se observan granos de pirita parcialmente marcasi-tizados.

Escorodita y *goethita* sustituyen a arsenopirita y pirita, respectivamente.

MINERALES DE LA GANGA

La única ganga que presenta esta mineralización es *cuarzo*. Texturalmente se pueden reconocer dos tipos de cuarzo. El primero es el más abundante y se trata de un cuarzo en mosaico, de aspecto lechoso, en el que la mineralización de Ag aparece rellenando huecos. El segundo es un cuarzo drúsico de carácter mayoritario.

Del estudio de esta paragénesis y de su sucesión mineral (Fig. 2) se pueden deducir las siguientes consideraciones:

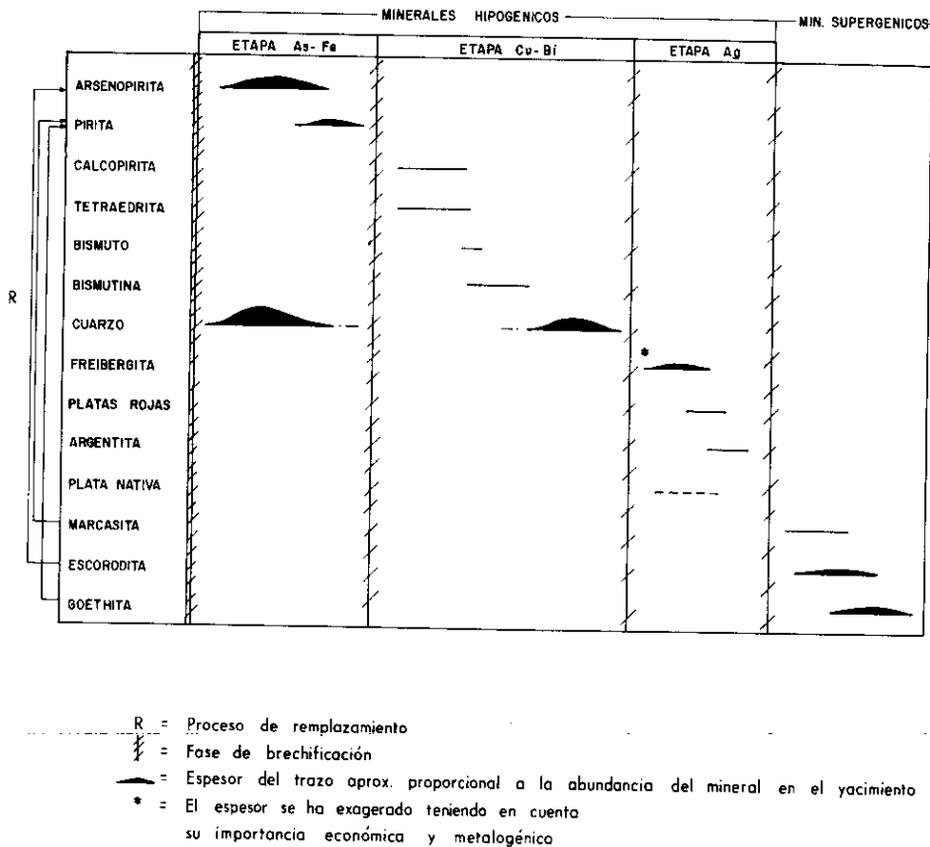


FIG. 2.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral de la mineralización de Ag de Prádena del Rincón.

— Se ha reconocido tres etapas metalogénicas: una primera de As-Fe, una segunda de Cu-Bi y, finalmente, una tercera de más baja temperatura de minerales de Ag.

- El primer mineral en depositarse es la arsenopirita y lo hace de forma mayoritaria acompañada de cuarzo. Después se deposita piritita. Posteriormente se produce una importante fase de brechificación, a favor de la cual se van a depositar los restantes minerales.
- A continuación se van a depositar calcopirita, tetraedrita, bismuto y bismutina en escasas cantidades; con posterioridad a estos minerales se deposita cuarzo tardío.
- Finalmente, comienza una etapa de más baja temperatura en la que se van a depositar los minerales de Ag de forma prácticamente simultánea.
- La última fase de brechificación señala el comienzo de la etapa supergénica. La deposición de los minerales de esta etapa, marcasita y goethita, así como escorodita, se verifica a expensas del remplazamiento de la piritita y de la arsenopirita, respectivamente.

Situación de la mineralización en el esquema de zonalidad regional

Como ya se ha indicado anteriormente, las mineralizaciones filonianas de la sierra de Guadarrama se distribuyen en una zonalidad regional, normal, excéntrica, cuyo centro generador se sitúa en el batolito de La Cabrera. Se pueden distinguir tres zonas: una «interna» (I), con mineralizaciones de Sn, W, As; otra «intermedia» (II), con mineralizaciones de Cu, y la zona «externa» (III), con mineralizaciones de Pb, Zn, Ba, F, que responden a un descenso de la temperatura (Fig. 3) (VINDEL, *in litt.*).

En el conjunto de estas mineralizaciones ya se habían localizado filones con plata al norte del batolito de La Cabrera, como, por ejemplo, en la mina «Mónica» de Bustarviejo y la mina de Oteruelo del Valle. Estas mineralizaciones son el resultado de varias etapas metalogénicas, una primera de As-Fe, una segunda de Cu-Sn-Zn y una tercera de Pb-Ag, en la que se ha depositado galena y matildita (AgBiS_2). También en Colmenar de Arroyo (en las cercanías del macizo metamórfico de El Escorial-Villa del Prado) y en Gargantilla de Lozoya, al NW de La Cabrera, se ha detectado la presencia de galena más o menos argentífera —con desmezclas submicroscópicas de matildita en galena— en filones con sulfuros BPGC.

Estas mineralizaciones (Colmenar de Arroyo, Gargantilla de Lozoya) están situadas en la zona «externa» (zona III) o, en el caso de Bustarviejo y Oteruelo del Valle, en límites de zona, lo que se pone de manifiesto por la existencia de paragénesis más complejas.

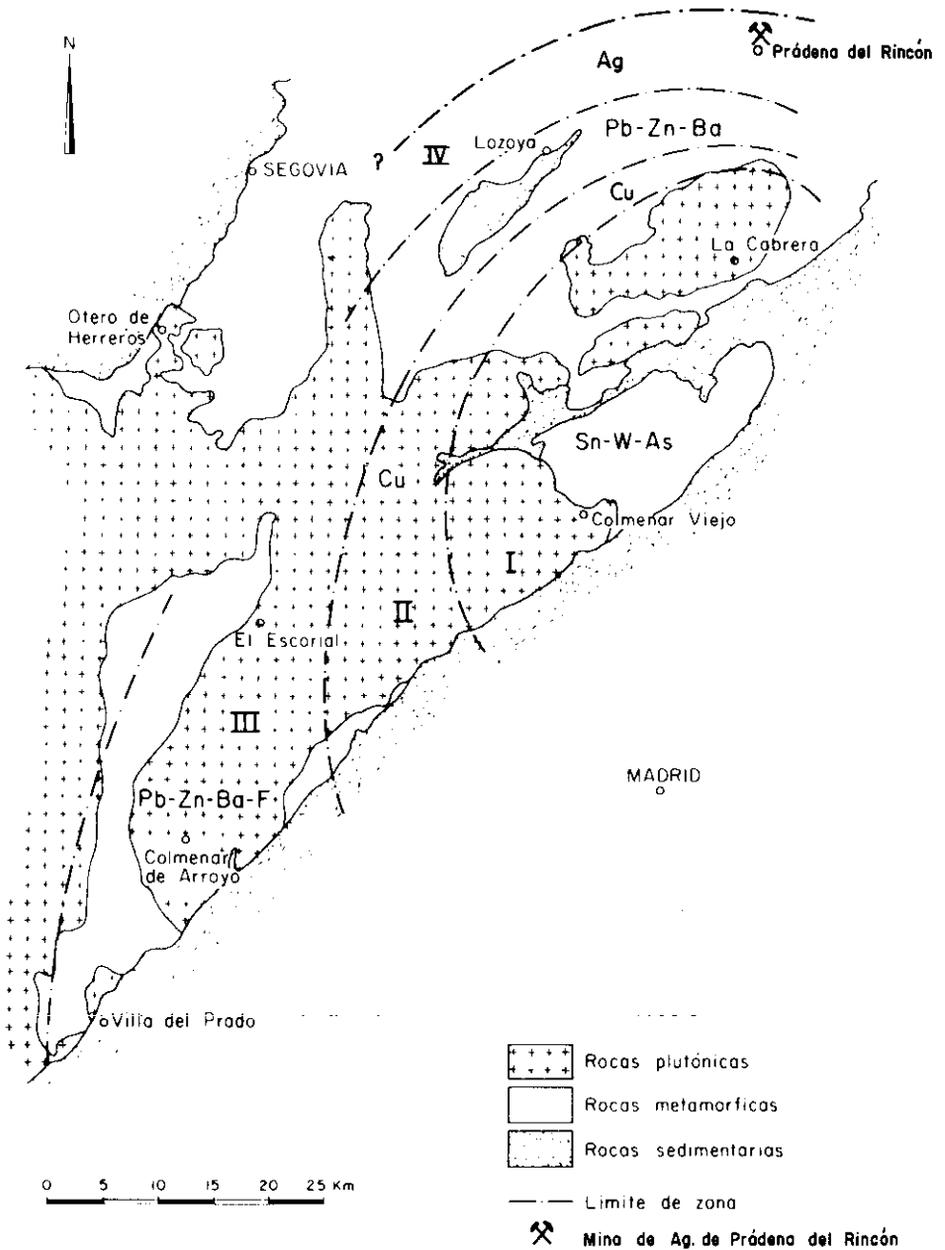


FIG. 3.—Situación de la mineralización de Ag de Prádena en el esquema de zonación regional que presentan las mineralizaciones de la sierra de Guadarrama.

En la paragénesis de la mina de Prádena del Rincón no se encuentra la etapa plumbífera característica de las minas anteriormente señaladas; por el contrario, ésta viene sustituida por una etapa exclusivamente argentífera (freibergita, platas rojas, argentita), lo que indica una temperatura de deposición más baja.

Esto, unido a su situación (Fig. 3) —más al norte del plutón de La Cabrera—, pone de manifiesto la existencia de una nueva zona (zona IV), más externa, caracterizada por la presencia de mineralizaciones argentíferas. En esta zona, así definida, se pueden situar también las conocidas minas de Ag de Horcajuelo y La Acebada-Robregordo.

Igualmente, esta nueva zona definida, completa la evolución metalogénica de la sierra de Guadarrama, ampliando el rango de temperaturas dentro de un esquema evolutivo de zonalidad clásica.

BIBLIOGRAFIA

- BARD, J. P.; CAPDEVILA, R., y MATTE, Ph. (1970): «Les grands traits stratigraphiques, tectoniques, métamorphiques et plutoniques de sierra de Gredos et Guadarrama (Espagne Centrale)». *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 270, 2630-2633.
- (1971): «Sobre el tipo de metamorfismo regional progresivo hercínico en el Guadarrama oriental (Sistema Central español)». *Acta Geol. Hispánica*, 6, 46-48.
- BELLIDO, F. (1979): *Estudio petrológico y geoquímico del plutón granítico de La Cabrera (Madrid)*. Tesis doctoral, Universidad de Madrid.
- FERNÁNDEZ CASALS, M. J. (1976): *Estudio meso y microtectónico de la zona de tránsito paleozoico-metamórfica de Somosierra (Sistema Central español)*. Tesis doctoral, Universidad de Madrid.
- FUSTER, J. M., y GARCÍA CACHO, L. (1970): «Sobre el metamorfismo regional progresivo en el Guadarrama oriental (Sistema Central español)». *Est. Geol.*, 26, 327-329.
- (1971): «Discusión sobre el metamorfismo regional del Guadarrama oriental (Sistema Central español)». *Acta Geol. Hispánica*, 6, 123-130.
- FUSTER, J. M.; APARICIO, A.; CASQUET, C.; GARCÍA CACHO, L.; MORA, A., y PEINADO, M. (1974): «Interacciones entre los metamorfismos plurifaciales y polifásicos del Sistema Central español». *Bol. Geol. Min.*, 85, 595-600.
- GARCÍA CACHO, L. (1973): *Evolución temporal del metamorfismo y procesos de blastesis sucesiva en el sector oriental del Sistema Central español*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- LÓPEZ RUIZ, J.; APARICIO, A., y GARCÍA CACHO, L. (1975): «El metamorfismo de la sierra de Guadarrama (Sistema Central español)». *Mem. Inst. Geol. Min. de España*, 86, 127 págs.
- PARGA, J. R. (1969): «Sistemas de fracturas tardihercínicas del macizo Hespérico». *Trabajos del Laboratorio Geol. de Lage*, núm. 37 (Coruña).

- SCHAFER, G. (1969): «Geologie und Petrographie in östlichen kastilischen Hauptscheidegebirge (sierra de Guadarrama, Spain)». *Münster Forsch. Geol. Paläont.*, 10, 1-207.
- VINDEL, E. (1982): «Estudio mineralógico y metalogénico de las mineralizaciones de la sierra de Guadarrama (Sistema Central español). Parte I y II». *Bol. Geol. Min. (in litt.)*.