

# La actividad metalogénica durante el Tardihercínico en el centro de España: una visión desde cinco localidades tipo

*Late Hercynian metallogenic activity in central Spain: an insight from five type-localities*

J. Lillo (\*), R. Oyarzun (\*\*), L. Ortega (\*\*) y M. Gallego (\*\*\*)

(\*) CGS, Corazón de María 15, 28002 Madrid.

(\*\*) Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Facultad de C.C. Geológicas, Universidad Complutense, 28040 Madrid.

(\*\*\*) Av. Ajalvir 8, 28006 Madrid.

## ABSTRACT

*The most outstanding metallogenic period in central Spain took place during the so-called late-Hercynian episode. This episode was characterized by widespread extensional conditions resulting from the collapse of an overthickened and overheated Hercynian orogen. A combination of magmatic activity and favorable structures induced hydrothermal activity leading to Sn-W, Pb-Zn, Ag-base metals, base metals-Ba-(F) and Sb-(Au) deposition. Five ore deposits/districts: El Tráquilón (Sn), Linares-La Carolina-Torrecillas (Pb-Zn-Ba-[Ag]), Sierra de Guadarrama (Ba-[F]-[base metals]), El Juncalón (Sb-[Au]), and Hien-delaencina (Ag-base metals) allow characterization of the main geologic features of this metallogenic episode.*

**Key words:** Late Hercynian, extension, magmatism, metallogenesis, central Spain

*Geogaceta*, 19 (1996), 55-58

ISSN: 0213683X

## Introducción

Durante el Paleozoico Superior se formaron un gran número de mineralizaciones en España central, que a pesar de su variedad en cuanto a mineralogía, medio encajante, tipo de magmatismo y de fluidos implicados, presentan una serie de rasgos en común. Entre las mineralizaciones correspondientes a esta edad destacan las de Sn-W, Pb-Zn-Ba-(Ag), Ag-metales de base, Ba-(F)-metales de base, y Sb-(Au). Cinco ejemplos de esta actividad metalogénica, que pueden ser considerados como casos tipo, permiten resumir a grandes rasgos las principales variables implicadas (Fig. 1): 1) El Tráquilón (Cáceres), una cúpula granítica con mineralización de Sn, Cu y Zn; 2) el distrito filoniano de Linares - La Carolina y mineralizaciones estratoligadas asociadas (Las Torrecillas), con Pb-Zn-Cu-(Ag); 3) los yacimientos de Ba-(F)- (metales de base) de la Sierra de Guadarrama; 4) la mineralización filoniana de Sb-(Au) de El Juncalón (Anchuras, Ciudad Real); y 5) las mineralizaciones de Ag-metales de base del distrito de Hien-delaencina (Guadalajara). Estos casos representan ejemplos bien caracterizados

con símiles repartidos por toda la región bajo estudio (Tabla 1). Finalmente se discuten los rasgos comunes y las causas últimas que dieron origen a uno de los episodios metalogénicos más importantes de España central.

## El Tráquilón

La cúpula granítica de El Tráquilón ( $329 \pm 3$  Ma, Rb/Sr; Lasala, 1987) está constituida por un leucogranito de albita-moscovita que intruye los materiales de la serie del Domo Extremeño (Rifeense Superior). Se trata de un granito calcoalcalino peraluminico rico en  $P_2O_5$ , Li, Rb, Cs, Ga, Sn, Nb y Ta y pobre en Ba, Sr, Y y tierras raras, lo que permite considerarlo como un granito fértil (Gallego, 1992). La cúpula granítica presenta una mineralización diseminada de casiterita y columbotantalita, así como un "stockwork" con mineralización de Sn, Cu y Zn y filones de cuarzo-ambligonita. La mineralización de Sn se presenta en asociación con una fuerte greisenización en la zona del "stockwork". Estas mineralizaciones se generaron a partir de un fluido hidrotermal tardío, acuoso-car-

bónico complejo de salinidad baja a moderada, con temperaturas mínimas de circulación de 220 - 300°C (Lasala, 1987).

## Linares - La Carolina y Las Torrecillas

Dos tipos de mineralizaciones hidrotermales de metales de base  $\pm$  barita pueden ser identificadas en el distrito minero de Linares - La Carolina (Lillo, 1992a): filoniana y estratoligada. La mineralizaciones filonianas, de direcciones dominantes N90-110°E y N40-55°E, y N-S y N40-70°E menos frecuentes, están encajadas en metasedimentos del Ordovícico Superior-Silúrico Inferior y en las granodioritas-monzogranitos tardihercínicos de Santa Elena y Linares. Los filones presentan halos de alteración filica, argílica y propilítica. La mineralización estratoligada (Las Torrecillas) se restringe a niveles dolomíticos discontinuos situados en la base de la serie permotriásica. Este depósito representa la manifestación más superficial del sistema hidrotermal cuya manifestación más profunda corresponde a los filones antes descritos. El estudio de los filones ha permitido establecer tres etapas mineralizadoras. En la primera se deposi-

| El Trasquilón                    | Linares-La Carolina                       | Hiendelaencina              | El Juncalón   |
|----------------------------------|---|-----------------------------|---------------|
| - Belén (CC)                     | - Navalagamella (M) <sup>2</sup>          | - La Bodega (GU)            | - Susana (BA) |
| - Torrecilla de los Angeles (CC) | - San Eusebio (M) <sup>2</sup>            | - Congostrina (GU)          |               |
| - Golpejas (SA) <sup>1</sup>     | - Cadalso de los Vidrios (M) <sup>2</sup> | - La Acebeda (GU)           |               |
|                                  |   | - Alpartir (Z) <sup>3</sup> |               |

Tabla 1: Algunos ejemplos de mineralizaciones análogas a los cinco casos tipo en la región centro de España. 1: Diseminación de casiterita en cúpula granítica, 2: yacimientos de la Sierra de Guadarrama, barita como mena principal, Pb-Zn subordinados 3: con Sb, plata asociada a tetraedrita. BA: Badajoz, CC: Cáceres, GU: Guadalajara, M: Madrid, SA: Salamanca, Z: Zaragoza. Basado en: Gumiel (1983, 1984), García Gil (1985), Mayor (1985), Mangas (1987), Quesada *et al.* (1987), Ortega *et al.* (1988), Lillo *et al.* (1992), Concha *et al.* (1992).

Table 1: Some examples of mineralizations with common features to the four type-localities in central Spain. 1: Cassiterite disseminated in a granitic cupola, 2: "Sierra de Guadarrama", barite as main ore, subordinated Pb-Zn, 3: with Sb, silver associated with tetrahedrite. BA: Badajoz, CC: Cáceres, GU: Guadalajara, M: Madrid, SA: Salamanca, Z: Zaragoza. After Gumiel (1983, 1984), García Gil (1985), Mayor (1985), Mangas (1987), Quesada *et al.* (1987), Ortega *et al.* (1988), Lillo *et al.* (1992), Concha *et al.* (1992).

tan arsenopirita y sulfuros de bismuto en cantidades accesorias, además de cuarzo, galena, esfalerita, pirrotina, minerales de plata y ankerita. En la segunda etapa, además de cantidades menores de estos minerales, se depositan piritita-marcasita, sulfuros de cobre y barita. En la tercera etapa se formó mayoritariamente calcita, además de cuarzo y piritita. La mineralización filoniana fue producida por la mezcla de fluidos de características contrastadas: 1) un fluido acuoso-carbónico, de salinidad baja a moderada, con temperaturas mínimas de circulación entre 150-400°C, y 2) un fluido acuoso, de salinidad moderada a alta, polisalino (NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub>), con temperaturas mínimas de circulación entre 90-250°C. Los datos de isótopos de Pb en galenas señalan relaciones  $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb} = 10.5$  y  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U} = 4.2$ , indicando una fuente mayoritaria a partir de los metasedimentos encajantes (Lillo, 1992b). Los isótopos de S en baritas muestran un rango  $\delta^{34}\text{S}$  entre +14.1 a +6.2 ‰ (media = +8.9 ‰); las galenas presentan un rango  $\delta^{34}\text{S}$  entre +5.1 y -6.9 ‰, mientras que las relaciones  $\delta^{34}\text{S}$  de las esfaleritas varían entre +11.5 y -4.1 ‰. Estos valores se han interpretado como indicativos de una fuente mayoritaria de origen magmático, y en menor proporción de azufre «metasedimentario» (Lillo, 1992a,c).

#### Ba-(F)-(metales de base) de la Sierra de Guadarrama

La Sierra de Guadarrama contiene una serie de yacimientos filonianos

hidrotermales de Ba-(F)-(metales de base) encajados en granitoides tardihercínicos. En diversos aspectos, estos yacimientos pueden ser considerados como análogos a los del distrito de Linares-La Carolina (Lillo, 1992a). Como grupo, estos yacimientos definen una banda metalogénica de edad tardihercínica y dirección NE-SW, confinada en el margen meridional de la Sierra de Guadarrama (Ortega *et al.*, 1988; Mayor *et al.*, 1989; Lillo *et al.*, 1992). Datos de inclusiones fluidas sugieren que la mineralización se formó por soluciones hidrotermales de baja salinidad que incorporaron fluidos, metales y azufre de una fuente magmática ( $\delta^{34}\text{S}$  en barita: +12.27 a +16.59‰; sulfuros: -4.42 a +0.46‰). El proceso mineralizador puede ser considerado como una consecuencia del plutonismo, el cual indujo actividad hidrotermal con participación importante de aguas meteóricas. La mineralización se desarrolló en dos estadios principales: 1) relleno de espacios abiertos, con precipitación de cuarzo-Ba-(F)-metales de base, y 2) brechificación y precipitación de cuarzo y barita. Los dos eventos mineralizadores están claramente relacionados con los dos episodios tectónicos de edad tardihercínica en esta región de la Península, que consistieron en extensión E-W y transcurrencias dúctiles a lo largo de la dirección NE-SW.

#### El Juncalón

El Juncalón (Ortega *et al.*, 1994) es un depósito filoniano de Sb-(Au)

estructuralmente controlado por una falla 110-130°/85°E. Los materiales encajantes son metasedimentos pertenecientes a la serie del Domo Extremeño (Rifeense Superior). Se reconocen dos etapas mineralizadoras principales. La primera consiste en piritita, con alteración asociada del tipo argílica y cuarzo-sericítica. La segunda etapa comienza con un episodio de deformación frágil que da lugar al desarrollo de un micro "stockwork" de clorita-piritita, la formación de brechas y la subsecuente precipitación de cuarzo-estibina-(Au)-(pirita). La precipitación de estibina tuvo lugar bajo condiciones epitermales (temperaturas mínimas de circulación de fluidos entre 200-300°C) después de un episodio temprano de mayor temperatura. Los fluidos asociados presentan una composición acuosa de baja salinidad con volátiles (CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>). El sistema hidrotermal habría estado controlado por la presencia de cuerpos intrusivos graníticos calcoalcalinos subaflorescentes. La composición isotópica de la estibina presenta un valor medio de  $\delta^{34}\text{S}$  de +3.7 ‰. Las características geológicas de este depósito permiten asignarlo al tipo «Chino» (epitermales atípicos de Sb, encajados en rocas clásticas).

#### El distrito de Hiendelaencina

El distrito epitermal de Hiendelaencina (Doblas *et al.*, 1988; Concha *et al.*, 1992) consiste en filones de sulfosales de Ag, galena, esfalerita, calcopirita, piritita, arsenopirita, en una ganga de

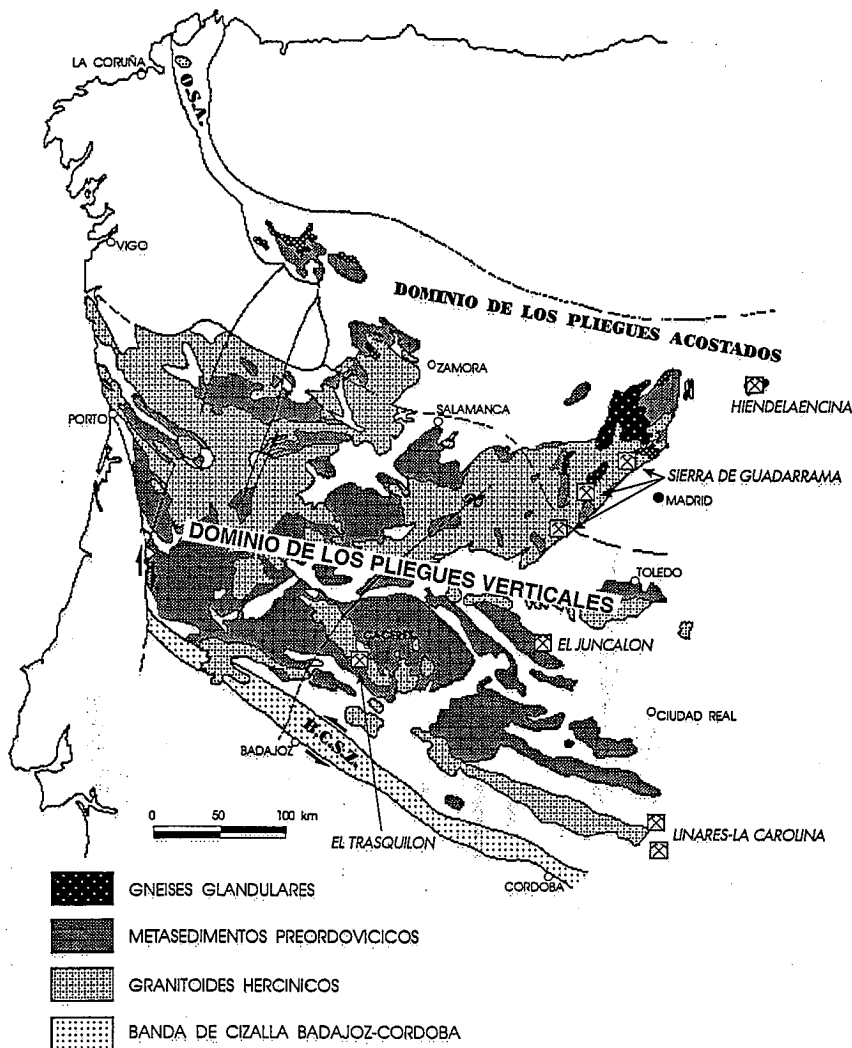


Fig. 1.- Situación de las mineralizaciones/distritos tipo dentro de la Zona Centroibérica (basado en Díez Balda *et al.*, 1990).

Fig. 1.- Location map showing the four type-localities within the Central Iberian Zone, Iberian Hercynian Massif (After Díez Balda *et al.*, 1990).

barita y cuarzo. Estos encajan en materiales metamórficos preordo-vícicos tectónicamente denudados mediante *detachments* extensionales durante el Estefaniense/Pérmico. Se reconocen cuatro estadios de mineralización, con la mineralización de metales de base y plata asociada a los episodios 2 y 3 respectivamente. El estadio 2 (metales de base) está caracterizado por la circulación de fluidos acuosos, acuoso-carbónicos complejos y carbónico-complejos de salinidad moderada a alta (hasta 12% NaCl) a temperaturas mínimas de 275-315°C. Durante el estadio 3 (Ag) fluidos más salinos (18-22% NaCl) circularon a temperaturas típicamente epitermales (100-150°C). Estudios isotópicos en sulfuros y barita sugieren dos fuentes de azufre: magmático (derivado de magmas andesíticos,  $\delta^{34}\text{S} +6\text{‰}$ ) y

derivado de los metasedimentos (con valores iniciales  $\delta^{34}\text{S} +25\text{‰}$ ). La interacción de fluidos de distinta naturaleza dió lugar a la mineralización. El sistema hidrotermal habría estado controlado por una actividad magmática de composición andesítica que habría dado origen a cuerpos subvolcánicos no aflorantes.

#### Discusión

Las masivas intrusiones de granitoides del Paleozoico superior tuvieron lugar bajo condiciones predominantemente extensionales durante el denominado episodio Tardihercínico (Westfaliense-Pérmico inferior; Doblas *et al.*, 1994a,b). Durante este período crítico la tectónica estuvo caracterizada por el desarrollo de *detachments* extensionales, denudación

tectónica de *core-complexes* metamórficos, intrusiones de granitoides y vulcanismo ácido a intermedio. La combinación de gradientes geotérmicos anómalos y condiciones extensionales prevalecientes parece ser la clave para explicar uno de los episodios metalogénicos más notables de España central. Estas relaciones se encuentran bien ilustradas en los distritos de Hiendelaencina y Linares - La Carolina. En el primer caso, la clave del momento metalogénico hay que buscarla en la situación tectónica durante el Estefaniense/Pérmico. Para entonces el centro peninsular se encontraba bajo condiciones de inestabilidad y sobrecalentamiento cortical como resultado de las masivas intrusiones producidas en el Carbonífero Superior. Esta situación dará lugar al colapso gravitacional del orógeno a través de *detachments* extensionales. Este fenómeno desembocará en dos procesos: la denudación tectónica de rocas de alto grado (Domo de Hiendelaencina) y la extrusión de rocas volcánicas (andesitas de Atienza) en sitios extensionalmente preferenciales. En concreto, las condiciones prevalecientes en la zona de Hiendelaencina no permitirán la extrusión de rocas volcánicas, permaneciendo los magmas como cuerpos ocluidos en profundidad. Es bajo estas condiciones que se desarrolla en Hiendelaencina un sistema hidrotermal de carácter epitermal que da lugar a las mineralizaciones argentíferas. En el caso de Linares - La Carolina, la disposición de los filones y la evolución cinemática de las fallas relacionadas permiten distinguir tres etapas de fracturación: 1) Etapa temprana extensional de deformación dúctil-frágil, dando lugar a los sistemas de fracturas N180°E y N80-100°E. Esta etapa toma lugar como resultado de una extensión generalizada N-S durante el colapso gravitacional del orógeno. 2) Etapa transcurrente, en régimen transpresivo local, con un eje de compresión máxima ENE-WSW, que reactiva los sistemas anteriores y crea nuevas fallas transcurrentes N40-55°E y N105-110°E y normales N60-70°E. 3) Etapa de apertura, durante la cual toma lugar el relleno filoniano y se forman "grabens" como consecuencia del advenimiento de la etapa transicional Tardihercínica - Eoalpina (Doblas *et al.* 1994a,b). La extensión dominante local en esta etapa es WNW-ESE. Las claves de un episodio metalogénico generalizado

|                   |  |                               |
|-------------------|--|-------------------------------|
|                   | <b>Distalidad</b>                                  |                               |
| <b>Tiempo</b><br> | El Trasquilón                                      | Hiendelaencina<br>El Juncalón |
|                   | Linares-La Carolina<br>Sierra de Guadarrama (Ba-F) | Las Torrecillas               |

Tabla 2: Relaciones espacio-tiempo de las mineralizaciones tipo reseñadas en este trabajo con respecto al intrusivo asociado.

Table 2.- Space-timing relationships for the type-deposits regarding to the associated igneous rocks.

El Tardihercínico (y su transición al Ciclo Alpino) es en términos generales un episodio tectónico extensional (con situaciones compresionales locales) que permitió el desarrollo de un magmatismo generalizado a escala global en el Macizo Hespérico. El emplazamiento de los magmas es una de las dos piezas claves para entender el desarrollo de las mineralizaciones, ya que en conexión con este fenómeno se desarrollarán los sistemas hidrotermales que en términos finales dieron origen a las mineralizaciones aquí tratadas. La otra pieza clave es el tipo de estructuras asociadas: fallas de carácter extensional que permitieron el ascenso y circulación de fluidos en vastas áreas. Es la combinación de estos dos fenómenos, íntimamente ligados en el espacio y el tiempo, la que da lugar al desarrollo de las mineralizaciones tardihercínicas en la región central de España. Finalmente y en términos de las relaciones espacio-tiempo, las mineralizaciones aquí reseñadas presentan características que permiten agruparlas en cuatro conjuntos (Tabla 2): 1) emplazadas en el cuerpo intrusivo y desarrolladas rápidamente después de la cristalización magmática: **El Trasquilón**; 2) emplazadas en el cuerpo intrusivo pero formadas en un momento tardío: **Linares-La Carolina (y sus equivalentes de la Sierra de Guadarrama)**; 3) emplazadas lejos del cuerpo intrusivo, aunque no

muy separadas en el tiempo: **El Juncalón, Hiendelaencina**; y 4) emplazadas lejos del cuerpo intrusivo y relativamente tardías: **Las Torrecillas**.

**Referencias**

Concha, A., Oyarzun, R., Lunar, R., Sierra, J., Doblas, M. y Lillo, J. (1992). *Mineralium Deposita*, 27: 83-89.  
 Diez Balda, M.A.; Vegas, R.; y González Lodeiro, F. (1990): *En: Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, 172-188.  
 Doblas, M., Oyarzun, R., Lunar, R., Mayor, N. y Martínez, J. (1988). *Geology*, 16: 800-803  
 Doblas, M., Oyarzun, R., Sopeña, A., López-Ruiz, J., Capote, R., Hernández-Enrile, J.L.,  
 Hoyos, M., Lunar, R., Sánchez-Moya, Y. (1994a). *Geodinamica Acta*, 7: 1-14.  
 Doblas, M., López-Ruiz, J., Oyarzun, R., Mahecha, V., Sánchez-Moya, Y., Hoyos, M., Cebriá, J.M., Capote, R., Hernández-Enrile, J.L., Lillo, J., Lunar, R., Ramos, A. y Sopeña, A. (1994b). *Tectonophysics*, 238: 95-116.  
 García Gil, E. (1985). *Tesis de Licenciatura*, Universidad Complutense de Madrid, 131 p.  
 Gallego, M. (1992). *Tesis Doctoral*, Universidad Complutense de Madrid, 323 p.  
 Gumiel, P. (1983). *Tecniterrae*, 27: 6-

120.  
 Gumiel, P. (1984). *I Congreso Español de Geología*, Segovia, 5: 183-216  
 Lasala, M.J. (1987). *Tesis de Licenciatura*, Universidad Complutense de Madrid, 154 p.  
 Lillo, J. (1992a). *Ph.D. Thesis*, University of Leeds, UK, 377 p.  
 Lillo, J. (1992b). *Eur. J. Mineralogy*, 4: 237-243.  
 Lillo, J. (1992c). *III Congreso Geológico de España*, Salamanca, 3: 383-388.  
 Lillo, J., Oyarzun, R., Lunar, R., Doblas, M., González, A. y Mayor, N. (1992). *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy (Sect. B)*, 101: 24-32.  
 Mangas, J. (1987). *Tesis Doctoral*, Universidad de Salamanca, 646 p.  
 Mayor, N. (1985). *Tesis de Licenciatura*, Universidad Complutense de Madrid, 117 p.  
 Ortega, L., Vindel, E. y Lunar, R. (1988). *Bol. Soc. Española de Mineralogía*, 11: 89-100.  
 Ortega, L., Oyarzun, R. y Gallego, M. (1995). *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy (Sect. B)*, 104: 80-86.  
 Quesada, C., Florido, P., Gumiel, P. y Osborne, J. (1987). *Memoria del Mapa Geológico y Minero de Extremadura*. Junta de Extremadura, 126 p.