

# Síntesis de los principales recursos de minerales metálicos de la Cordillera Bética en Andalucía y las zonas de potencialidad minera

*Synthesis of the main mineral metallic resources of the Betic Chain in Andalucía and potential mining areas*

Josefina Sánchez-Valverde, Concepción Fernández-Leyva y Rafael Navarro

Instituto Geológico y Minero de España. Urb. Alcázar del Genil, 4, 18006-Granada, España.  
fsvalverde@gmail.com, c.fernandez@igme.es, rafanavarro74@gmail.com

## ABSTRACT

The Betic Chain is characterized by the abundance of mineral deposits and signs linked to two major metallogenic epochs: the first, which began in the late Paleozoic, reaching its peak during the Triassic, while the second develops from the middle Miocene. In this paper we have outlined the types of metallic mineralization present in the different units of the Betic Chain in Andalusia. Based on the study of more than 1,600 mining signs, we have been delimited some potential mining areas. Due to the rise in the value of some metals at present, this information collected is considered of great interest for future research.

**Key-words:** Metallogen, potential mining, Betic Chain, economic mining.

## RESUMEN

La Cordillera Bética se caracteriza por la abundancia de depósitos e indicios minerales ligados a dos épocas metalogénicas principales: la primera, iniciada en el Paleozoico superior, alcanza su apogeo durante el Triásico, mientras que la segunda, se desarrolla a partir del Mioceno medio. En este trabajo se han esquematizado los tipos de mineralizaciones metálicas presentes en las diversas unidades de la Cordillera Bética, en Andalucía. En base al estudio realizado sobre más de 1600 indicios mineros, se han delimitado unas zonas de potencialidad minera. Debido al alza del valor de algunos metales en la actualidad, esta información recopilada se considera de gran interés para futuras investigaciones.

**Palabras clave:** Metalogenia, potencialidad minera, Cordillera Bética, minería económica.

Geogaceta, 54 (2013), 75-78.  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 31 de enero de 2013  
Fecha de revisión: 25 de abril de 2013  
Fecha de aceptación: 24 de mayo de 2013

## Introducción

La minería metálica ha sido, sin duda, la de mayor importancia en Andalucía a lo largo de la historia. La Cordillera Bética contiene en su territorio numerosas y variadas mineralizaciones que, junto a su marco geológico, le confieren un indudable interés y potencialidad minera. De ella es reflejo una importante actividad centrada en varias explotaciones, algunas de ellas activas hasta finales del S. XX (p.ej., Lújar o Herrerías) y otras en proceso de reapertura inminente (p.ej., Alquife).

El objetivo de este trabajo es presentar, a modo de síntesis, las principales mineralizaciones metálicas en la Cordillera Bética, el entorno geológico en las que aparecen y sus principales procesos generadores. La integración de todos estos datos permite definir áreas de interés en las que centrar fu-

turos trabajos de investigación y exploración de recursos minerales metálicos.

## Síntesis de la evolución metalogénica en la Cordillera Bética

Tomando como base la descripción de las mineralizaciones en la Cordillera Bética (Fernández-Leyva *et al.*, 2011a; Sánchez-Valverde *et al.*, 2011) y la tipología y aspectos genéticos de las mismas (Fernández-Leyva *et al.*, 2011b), presentamos en este apartado, a modo de síntesis, los tipos de mineralizaciones en relación a los diferentes complejos tectónicos y sus características esenciales (Tabla I).

Destacan dos épocas metalogénicas principales. La primera, se inicia en el Paleozoico Superior y se desarrolla en mayor medida durante el Triásico: ha generado mine-

ralizaciones estratoligadas sinsedimentarias / sindiagenéticas alojadas en series carbonatadas (predominantemente) y metapelíticas, sobre todo de las Zonas Internas y en menor medida de las Zonas Externas. La segunda se desarrolla a partir del Terciario Superior (Mioceno Medio) y genera también mineralizaciones estratoligadas sinsedimentarias, aunque es más característica la actuación de procesos epigenéticos y epitermales que proporcionan nuevas mineralizaciones filonianas, ya sea en materiales neógeno-cuaternarios y en relación con el vulcanismo neógeno, ya sea en series más antiguas por concentración de elementos dispersos o removilización de mineralizaciones de la primera época (Ruiz-Montes y Molina-Molina, 2002). En esta segunda etapa también aparecen mineralizaciones tipo placer en relación con depósitos detríticos pliocuaternarios y con aluviales actuales.

		ZONAS INTERNAS			ZONAS EXTERNAS		CNP	
		CNF	CA	CM	SB	PB		
CUATERNARIO							<i>p</i> Au; <i>p</i> Ti; <i>ε</i> Fe;	2ª Etapa
C E N O Z O I C O	NEÓGENO						<i>f</i> Pb-Zn (Ag-Cu-Au-Sb-Mn) <i>f</i> Au <i>ε</i> Fe-Pb-Ag-Ba <i>f</i> Fe	
	PALEÓGENO							
M E S O Z O I C O	CRETÁCICO							1ª Etapa
	JURÁSICO			<i>ε</i> Fe	<i>ε</i> Fe; <i>ε</i> Mn	<i>ε</i> Fe		
	TRIÁSICO		<i>ε</i> Cu <i>ε</i> Fe <i>ε</i> F-(Pb,Zn,Ba) <i>ε</i> Pb-(F) <i>ε</i> Pb-(Zn,Cu,Fe) <i>ε</i> Cu	<i>ε</i> Pb-Zn-F <i>ε</i> Cu	<i>ε</i> Pb-F; <i>ε</i> Cu;	<i>ε</i> Cu-U		
		<i>ε</i> Fe <i>ε</i> Pb-Cu	<i>ε</i> Co-Cu; <i>ε</i> Fe; <i>ε</i> Hg	<i>ε</i> Fe <i>ε</i> Pb-(Zn,Cu,Fe) <i>ε</i> Cu			<i>ε</i> Fe	
P A L E O Z O I C O		<i>f</i> Pb-Zn <i>ε</i> <i>f</i> Fe <i>ε</i> Cu-Fe	<i>ε</i> Cu <i>ε</i> Fe					
		<i>ε</i> Fe	<i>ε</i> Fe	<i>ε</i> Mn				
		<i>f</i> Fe; Fe-Cu; Fe-Hg <i>f</i> Fe- Cu-Pb-Bi <i>f</i> Pb-Fe-Cu-Ag-Ba	<i>ε</i> Fe <i>f</i> Cu <i>i f</i> Cr; <i>f</i> Cr-Ni <i>i f</i> Fe-Ni-Cu	<i>ε</i> Fe <i>ε</i> Cu				

*ε*. estratoligada; *f*. filoniana; *i*. irregular; *p*. placer

CNF: Complejo Nevado-Filábride; CA: Complejo Alpujárride; CM: Complejo Maláguide. SB: Subbético; PB: Prebético; CNP: Cuencas Neógenas Postorogénicas.

**Tabla I.- Principales mineralizaciones desarrolladas en las unidades de la Cordillera Bética (modificado de García-Cortés, 2011).**

*Table I.- Main mineralization developed in the units of the Betic Chain (modified from García-Cortés, 2011).*

Existe cierto paralelismo entre épocas y procesos metalogenéticos que se dan en los dominios internos (complejos Nevado-Filábride (CNF), Alpujárride (CA) y Maláguide (CM)) e incluso en el Triásico de las Zonas Externas Béticas (Subbético (SB) y Prebético (PB)).

En series metapelíticas paleozoicas y permotriásicas hay mineralizaciones estratiformes de hierro, más relevantes en el CNF que en el CA. Parte del hierro puede haber sido aportado por procesos vulcano-sedimentarios; en el Paleozoico maláguide hay

depósitos de manganeso del tipo *jasperoide* (hierro minoritario) claramente vulcano-sedimentarios. También los depósitos de sulfuros de metales base, del tipo *capas rojas*, son relativamente importantes en materiales permotriásicos del CM, en tanto que lo son menos en CNF y CA.

Los depósitos de hierro más importantes se localizan, no obstante, en la base de los mármoles triásicos del CNF; pero también están representados en el CA, en el tránsito de la formación metapelítica a la carbonatada, y en el seno de

esta última. Torres-Ruiz (2006) propone un modelo genético para todas las mineralizaciones estratoligadas de hierro del CNF, centrandó sus estudios en los yacimientos del Marquesado. Afirma que la formación de las mineralizaciones de este distrito fue el resultado tanto de procesos exhalativos-sedimentarios como de reemplazamiento metasomático a partir de fluidos hidrotermales crustales calientes y enriquecidos en hierro originalmente que circularon a lo largo de fallas extensionales.

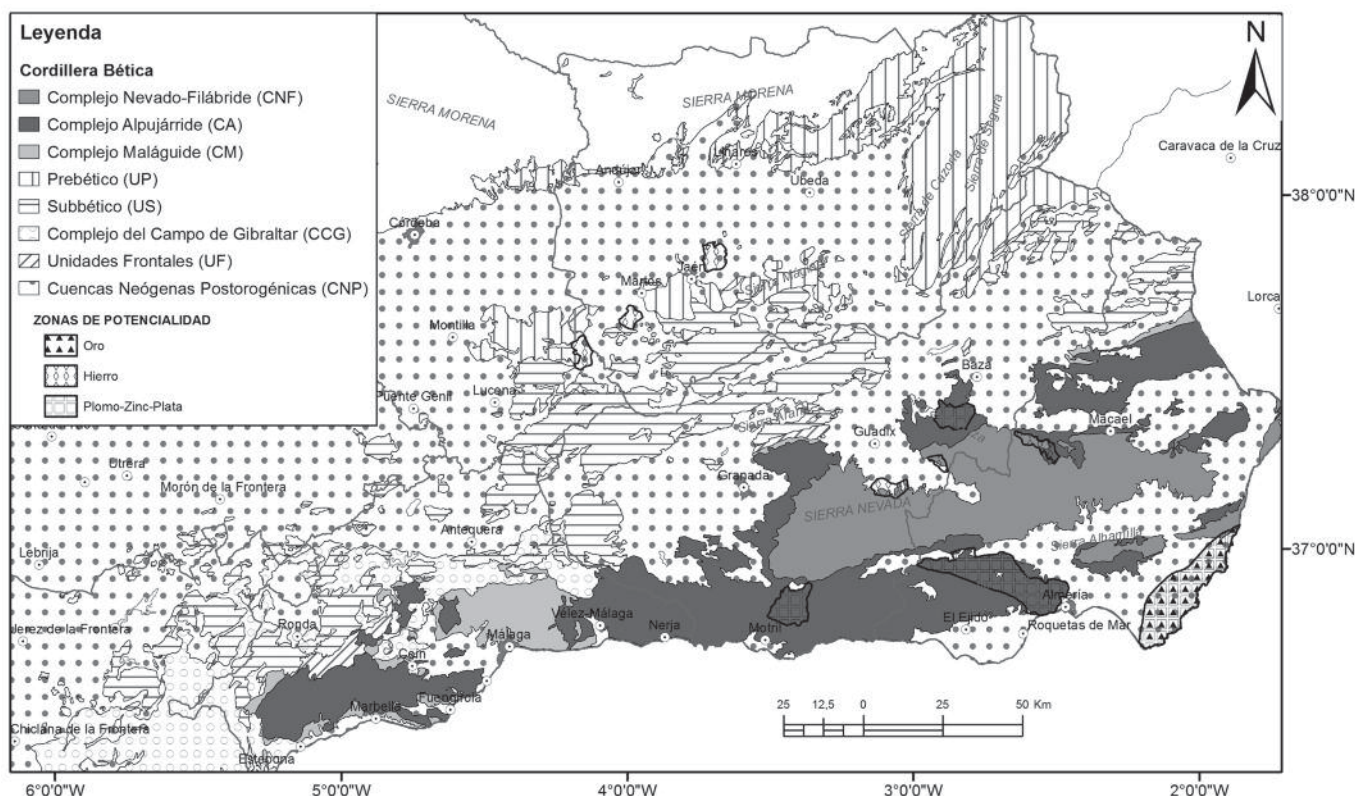


Fig. 1.- Principales unidades de la Cordillera Bética y zonas de potencialidad minera (modificado de García-Cortés, 2011).

Fig. 1.- Main units of the Betic Chain and potential mining areas (modified from García-Cortés, 2011).

Es en el CA donde alcanzan su máximo desarrollo las formaciones carbonatadas triásicas, en las que se encuentran mineralizaciones de flúor-plomo-(zinc-bario) de tipo alpino y otras de cobre, a veces con cobalto, níquel y mercurio. Se trata de mineralizaciones estratiformes de paragénesis simple (galena, fluorita, esfalerita y barita) en un dominio de plataforma epicontinental de aguas someras con episodios de inestabilidad tectónica (Fenoll, 1992).

Los materiales del Triásico de las Zonas Externas, incluyen, junto a depósitos detríticos, evaporíticos y carbonatados, episodios volcánicos/subvolcánicos, que dan lugar a mineralizaciones estratoligadas de hierro, relacionadas en parte con estos episodios de vulcanismo, de cobre y de plomo-flúor.

Apenas hay actividad metalogénica entre el Jurásico y el Mioceno Inferior. A partir del Mioceno Medio, los procesos epigenéticos y epitermales son los que toman el relevo a los sedimentarios y diagenéticos, favorecidos por la tectónica distensiva reciente. Se generan nuevas mineralizaciones epitermales en materiales diversos de diferentes unidades y edades y que son producto de la acción de soluciones hidrotermales de baja temperatura, ligadas o no a

la actividad volcánica. Es el caso de las mineralizaciones filonianas de hierro con sulfuros de cobre, plomo, mercurio, antimonio y bismuto, plata y oro, que son particularmente numerosas en el CNF. También se encuentran filones con minerales de cobre en materiales del CA y del CM. En muchas de las mineralizaciones estratoligadas en rocas carbonatadas alpujárrides o nevado-filábride es más reconocible la huella de los procesos epigenéticos que la de los singenéticos, e incluso algunos depósitos son exclusivamente epigenéticos.

En la zona del Cabo de Gata principalmente, y derivado de la importante actividad volcánica, se forman un importante cortejo de yacimientos epitermales de alunita, oro, filonianos de plomo-zinc-cobre-(antimonio-manganeso), estratoligados de hierro-plomo-(plata) y otros muchos de interés industrial (Arribas *et al.*, 1989). En el Cuaternario se acumularon algunas concentraciones locales de oro (placeres) en depósitos aluviales.

### Zonas de potencialidad minera

La escalada de precios de los metales en la última década, especialmente debido

al gran consumo derivado de las crecientes economías de países como China o la India unido al avance tecnológico en los métodos de extracción y procesado, ha motivado que explotaciones abandonadas durante los años 90 sean de nuevo objeto de estudios de viabilidad. En la tabla II se observa como todos los metales que aparecen en la zona de estudio han, al menos, cuadruplicado su valor, con especial mención del hierro, que ha multiplicado su valor por diez.

Por ello, en base al estudio realizado sobre más de 1600 indicios mineros en la Cordillera Bética, se ha estimado conveniente la delimitación de una serie de zonas de potencialidad minera (Fig. 1), que a nuestro juicio presentan una mayor capacidad de cara al desarrollo de futuras investigaciones más detalladas. Estas áreas *grosso modo* corresponden con metalotectos litológicos y estructurales, y se consideran zonas *a priori* favorables para la existencia de yacimientos económicamente explotables de cada una de las sustancias consideradas. Para la determinación de estas zonas se ha tenido en cuenta no sólo la densidad de yacimientos y/o indicios minerales por sustancias relacionadas con una determinada litología, sino también otras conside-

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Cobre (\$/t)</b>	1779	2863	3677	6731	7132	6963	5165	7538	8823	7959
<b>Hierro (\$/t)</b>	14	16	28	33	37	62	80	147	168	129
<b>Plomo (\$/t)</b>	514	882	974	1288	2579	2093	1719	2148	2401	2064
<b>Oro (\$/oz troy)</b>	364	409	445	604	697	872	973	1225	1568	1669
<b>Zinc (\$/t)</b>	828	1048	1381	3266	3250	1885	1658	2160	2196	1950

Tabla II.- Evolución del precio medio de los metales en el periodo 2003-2012 (fuente: World Bank - <http://data.worldbank.org>).

Table II.- Evolution of the average price of the metals in the period 2003-2012 (source: World Bank - <http://data.worldbank.org>).

raciones (orientación de las mineralizaciones, grado de fracturación, factores económicos, etc). Esto no excluye otras zonas con potencialidad que no han sido consideradas al no disponer de información suficiente.

Los recursos que podrían presentar más importancia y que se han destacado en este apartado son el hierro, el plomo-zinc (plata) y el oro.

Para el hierro las dos áreas de mayor interés se localizan en la comarca del Marquesado, en Granada y en la zona de Las Piletas, en Fiñana (Almería), pertenecientes al CNF. Otra zona de interés para el hierro son las localizadas en la zona de Serón-Vacares, en la Sierra de los Filabres, también en el CNF. También merece la pena mencionar la banda comprendida entre Priego de Córdoba (Córdoba) y Jaén, en la que se localizan numerosos yacimientos e indicios de interés, en olistolitos aislados dentro de la Unidad Olistostrófica de las CNP.

En lo referente a la paragénesis plomo-zinc, destaca la Sierra de Lújar, en explotación intermitente tanto para plomo como para fluorita. También presentan interés los yacimientos de la Sierra de Gádor y de la Sierra de Baza, todos ellos dentro del CA, además de los sulfuros de Pb-Zn de la zona de Cabo de Gata.

En lo que respecta al oro, destacan los yacimientos de la caldera de Rodalquilar en el campo volcánico del Cabo de Gata (CNP), que aparece junto con otras muchas mineralizaciones: sulfuros de plomo-zinc (plata-cobre-oro), manganeso, antimonio y algunas de ellas de interés industrial (alunita, bentonita, granate, zeolitas, etc).

## Conclusiones

El estudio de las mineralizaciones metálicas de la Cordillera Bética en Andalucía ha permitido recapitular los principales tipos

de mineralizaciones presentes en las principales unidades geológicas. A partir de su distribución espacial y de sus características geológico-mineras se han establecido una serie de zonas de potencialidad minera, teniendo en cuenta, entre otros factores, la cotización actual en los mercados de los principales metales que constituyen dichas mineralizaciones en la zona de estudio.

Las mineralizaciones de hierro son, junto con las de plomo-zinc, las más abundantes y las que han tenido mayor importancia económica dentro la Cordillera Bética, en especial en las Zonas Internas, y dentro de estas, en los Complejos Nevado-Filábride (depósitos de hierro en el distrito minero del Marquesado y en el de Serón-Vacares) y Alpujarride (yacimientos de sulfuros de flúor-(plomo-zinc-bario) de la Sierra de Gádor, Sierra de Lújar y Sierra de Baza. En las Zonas Externas destacamos como zonas con potencial minero las mineralizaciones de hierro relacionadas con el Triásico subbético, localizadas principalmente al suroeste de Jaén y sur de Córdoba. En las Cuencas Neógenas destaca la región del Cabo de Gata, al sureste de Almería, con importantes mineralizaciones metálicas de oro (de importante interés económico) y sulfuros de plomo-zinc (plata-cobre-oro).

A pesar del declive de la minería metálica en Andalucía, las conclusiones obtenidas favorecen la realización de futuras investigaciones encaminadas a encontrar zonas favorables de yacimientos económicamente explotables, lo que conllevaría a la posible reapertura de algunas de las minas más importantes de nuestra historia y la posible apertura de otras nuevas.

## Agradecimientos

El presente trabajo se ha realizado en el marco del convenio de colaboración entre

la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía y el Instituto Geológico y Minero de España para el proyecto: Cartografía de Recursos Minerales de Andalucía (2008-2011).

A la Dra. Casilda Ruiz (UPM) y a un revisor anónimo por sus sugerencias y comentarios para la mejora de este manuscrito.

## Referencias

- Arribas, Jr.A., Cunningham, C.G., Rytuba, J.J. y Arribas, A. (1989). *Proceedings of the International Symposium in Europe on gold metallogeny: Gold 89*, Toulouse, 97 p.
- Fenoll, P. (1992). En: *Recursos Minerales de España* (J. García-Guinea y J. Martínez-Frías, Eds.). CSIC, 1069-1083.
- Fernández-Leyva, C., Ruiz-Montes, M. y Molina, A.L. (2011a). En: *Cartografía de recursos minerales de Andalucía* (A. García-Cortés, Ed.). IGME-Consejería de Economía, Ciencia e Innovación de la Junta de Andalucía, 190-212.
- Fernández-Leyva, C., Sánchez-Valverde, J. y García-Cortés, A. (2011b). En: *Cartografía de recursos minerales de Andalucía* (A. García-Cortés, Ed.). IGME-Consejería de Economía, Ciencia e Innovación de la Junta de Andalucía, 345-367.
- García-Cortés, A. (Ed.) (2011). *Cartografía de Recursos Minerales de Andalucía*. IGME-Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía. Madrid, 608 p.
- Ruiz-Montes, M. y Molina-Molina, A. (2002). *Mapa Metalogénico de España 1/200.000, hoja 84/85 (Almería-Garrucha) y memoria*. IGME. 141 p.
- Sánchez-Valverde, J., Feixas, C., García-Cortés, A. y Boixereu, E. (2011). En: *Cartografía de recursos minerales de Andalucía* (A. García-Cortés, Ed.). IGME-Consejería de Economía, Ciencia e Innovación de la Junta de Andalucía, 212-236.
- Torres-Ruiz, J. (2006). *Geology* 101, 667-677.