

Relaciones genéticas entre yacimientos de Fe-Mn en la Sierra del Cuera (Cordillera Cantábrica, NO de España)

Genetic relationships between Fe-Mn ores in the Cuera Range (Cantabrian Mountains, NW Spain)

Brais Gonzalo-Guerra^{1,2*}, Nemesio Heredia² y Pedro Farias¹

¹ Universidad de Oviedo, Departamento de Geología, C/Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo, España.

b.gonzalo@csic.es, pfarias@uniovi.es

² Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC), C Matemático Pedrayes 25, 33005 Oviedo, España.

n.heredia@igme.es

*Corresponding author

ABSTRACT

This paper describes three different Fe-Mn ore-types found in Cuera Range (Cantabrian Mountains, NW Spain): Sedimentary (Carboniferous), low-temperature hydrothermal (early Permian) and karstic supergene (Quaternary). Relationships between these ore-types have been analyzed, finding that they follow a temporary evolutive path: firstly, sedimentary ores were formed. Secondly, Fe-Mn was remobilized by a hydrothermal event and, eventually, Fe-Mn was reconcentrated by recent karstic processes.

Key-words: Fe-Mn, ore-generation, fluid-flow, normal fault, ore-type

Geogaceta, 74 (2023), 119-122

<https://doi.org/10.55407/geogaceta98165>

ISSN (versión impresa): 0213-683X

ISSN (Internet): 2173-6545

Introducción

Los yacimientos minerales son singularidades geológicas generadas por diferentes procesos, entre los que destacan los geoquímicos y geotectónicos. Una vez que uno de estos procesos induce una concentración anómala de elementos, eventos posteriores pueden favorecer su reciclaje. De esta manera, se pueden generar yacimientos minerales diferentes que comparten las mismas sustancias y una misma línea evolutiva espacio-temporal.

El objetivo de este trabajo es encontrar las relaciones genéticas y la línea evolutiva de las mineralizaciones de Fe-Mn de la Sierra del Cuera en la Cordillera Cantábrica.

Contexto geológico

La zona de estudio se localiza en la vertiente sur de la Sierra del Cuera (Cordillera Cantábrica central, NO de España, Fig. 1A), levantada por la Orogenia Alpina que aquí tiene una edad Eoceno superior-Mioceno superior (Martín-González y Heredia, 2011). Este evento orogénico dio

lugar principalmente a la reactivación de fallas del Orógeno Varisco (Devónico Superior-Pérmico inferior) y a algunas fallas nuevas, todas ellas enraizadas en un cabalgamiento basal dirigido al Sur y despegado en la corteza media (Martín-González y Heredia, 2011; Pulgar *et al.*, 1999).

Las rocas sedimentarias del área de estudio tienen edades comprendidas entre el Cámbrico medio y el Cretácico, y pueden agruparse en dos grandes conjuntos: paleozoicas pre-pérmicas y permo-mesozoicas. Las rocas paleozoicas pre-pérmicas han sido deformadas por la Orogenia Varisca, que muestra una forma arqueada, en cuyo núcleo se localiza la Zona Cantábrica, la más externa de dicho orógeno (Pérez-Estaún *et al.*, 1988). En el extremo oriental de la Zona Cantábrica se localiza la Unidad de Bodón-Ponga (Alonso *et al.*, 2009), en la que se sitúa la zona estudiada, y que constituye un apretado imbricado de cabalgamientos (ahora verticales o volcados) que se emplazaron hacia el Sur en el Carbonífero superior (Figs. 1B y 1C). Además, en el Carbonífero superior-Pérmico basal se produjo la denominada

RESUMEN

En este trabajo se describen tres tipos de yacimientos de Fe-Mn en la Sierra del Cuera (Cordillera Cantábrica, NO de España): Sedimentarios (Carbonífero), hidrotermales de baja temperatura (Pérmico inferior) y supergénicos kársticos (Cuaternario). Se han analizado las interrelaciones entre estos yacimientos, determinando su evolución temporal: los yacimientos sedimentarios fueron los primeros en generarse. Posteriormente, el Fe-Mn fue remobilizado por un evento hidrotermal y, finalmente, reconcentrado por procesos kársticos recientes.

Palabras clave: Fe-Mn, generación de yacimientos, flujo hidrotermal, falla normal, yacimientos

Introducción

Fecha de recepción: 30/01/2023

Fecha de revisión: 20/04/2023

Fecha de aceptación: 26/05/2023

deformación tardi-Varisca, que acomodó los últimos esfuerzos variscos mediante fallas de desgarre NO-SE (Figs. 1B y 1C).

Las rocas permo-mesozoicas se formaron durante tres eventos principales (Heredia *et al.*, 2022): (I) El colapso extensional de la parte exterior del Orógeno Varisco (Pérmico inferior), período en el que se generaron cuencas continentales pequeñas y aisladas (López-Gómez *et al.*, 2019). (II) El *rifting* Mesozoico, asociado a la apertura del Golfo de Vizcaya, se desarrolló en dos etapas, separadas por una subsidencia termal, que dieron lugar a la gran Cuenca Vasco-Cantábrica. La primera etapa ocurrió en el Triásico Medio-Superior. Posteriormente, en el Jurásico Inferior, tuvo lugar un proceso de subsidencia termal, previa al *rifting* polifásico del Jurásico Superior-Cretácico Inferior. (III) La subsidencia termal del Cretácico Superior que terminó con el inicio de la Orogenia Alpina Pirenaica.

Las mineralizaciones estudiadas afectan a las rocas paleozoicas de: (a) la Formación Barcaliente (Bashkiriense), formada por calizas laminadas de fondo de cuenca y margas, (b) el Miembro Inferior

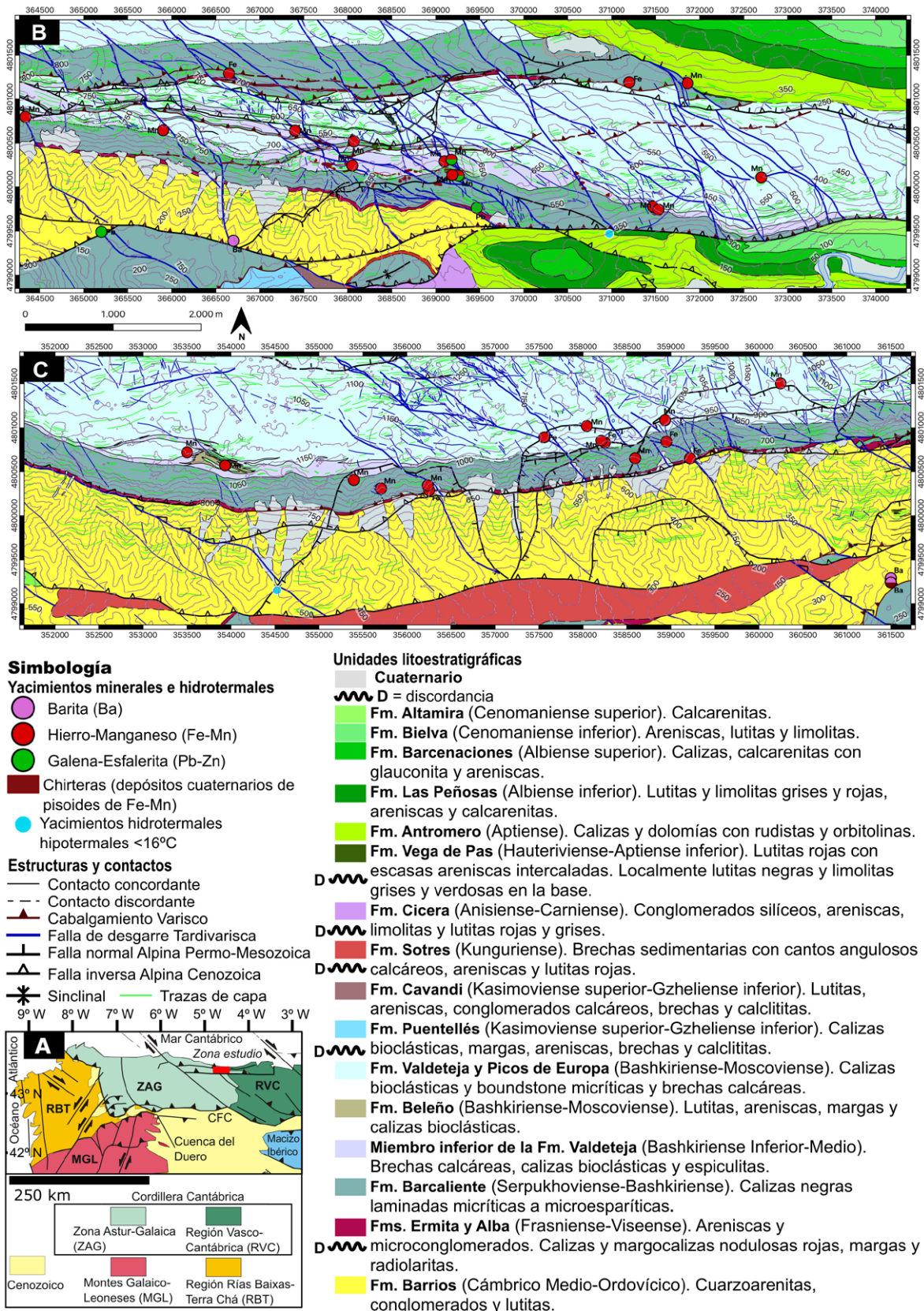


Fig. 1.- Localización y mapas geológicos de detalle de la zona de estudio. A) Esquema geológico de la parte occidental del Orógeno Alpino Cantábropirenaico (Cordillera Cantábrica) y localización de la zona de estudio. Modificado de Martín-González y Heredia (2011). B, C) Mapas geológicos de detalle de la ladera sur de la Sierra del Cuera, indicando los indicios de Fe-Mn, algunos obtenidos de las bases de datos del IGME y de Rebollar et al. (1990), revisados en campo, y otros nuevos localizados en este estudio. C) se encuentra situado a 3 km al Oeste de B). Ver figura en color en versión web.

Fig. 1.- Location and geological maps of the study area. A) Geological sketch showing the western Alpine Cantabrian-Pyrenean Orogen (Cantabrian Mountains) and the study area location. Modified from Martín-González and Heredia (2011). B, C) Detailed geological maps of the Southern slope of the Cuera Range showing the Fe-Mn ores, some of them obtained from the IGME database, and Rebollar et al. (1990), reviewed in the field, and other new ores identified in this study. C) is located 3 km West from B). See color figure on web.

de la Formación Valdeteja (Bashkiriense-Moscoviense), formado por margas, brechas calcáreas y calciturbiditas de base de talud de plataforma carbonatada y (c) Formaciones Valdeteja y Picos de Europa (Bashkiriense-Moscoviense), formadas por calizas de plataforma microbial.

Mineralizaciones de Fe-Mn

Existen tres tipos fundamentales de yacimientos de Fe-Mn en la Sierra del Cuera, la mayoría de pequeña entidad, algunos de los cuales llegaron a ser explotados (Rebollar *et al.*, 1990).

Yacimientos sedimentarios estratiformes en calizas carboníferas

Aparecen dentro de la sucesión sedimentaria paleozoica (Fig. 2A), en intercalaciones pizarroso-margosas correspondientes a los sedimentos profundos de los sistemas carbonatados carboníferos: (a) la parte superior de la Formación Barcaliente y (b) el Miembro Inferior de la Formación Valdeteja (Fig. 2.A1 y 2.A2.). En estos yacimientos se observan principalmente minerales de Mn y otros minerales de hierro ferroso (pirita, carbonatos de Fe) dispersos en la matriz sedimentaria o rellenando porosidad, reemplazando moldes de fósiles o rellenando diaclasas por removilización diagenética (Fig. 2.A3). Las condiciones de formación parecen corresponder a un ambiente reductor.

También aparecen indicios de Mn y hierro férrico en las facies someras de plataforma del techo de las calizas de la Formación Picos de Europa (ambientes oxidantes), en niveles con brechas de exposición subaérea con desarrollo de paleokarsts y suelos lateríticos o en *hardgrounds* desarrollados durante etapas transgresivas que condensaron la sedimentación en el techo de la plataforma. Estos indicios presentan texturas brechoideas de relleno de cavidades paleokársticas o en esférulas en las cubiertas lateríticas.

Yacimientos hidrotermales asociados a fallas normales del Pérmico inferior

En estos yacimientos, el Fe-Mn forma carbonatos y hematites (que presenta hábitos botroidales y euhedrales) y aparece asociado a calcita, dolomía y cuarzo. El Fe-Mn se localiza en el entorno de fallas normales, apareciendo como: (a) filones subparalelos u oblicuos a la estratificación (Fig. 2.C3) o (b) zonas brechificadas

(Fig. 2.B1-B5) asociadas a brechas de falla (Fig. 2.B1, 2.B6-B8), que pueden situarse en zonas con dolomitización extensiva. Las características mencionadas permiten interpretar estos yacimientos como hidrotermales de baja temperatura generados por circulación hidrotermal en las proximidades de fallas normales y una posible mezcla con aguas meteóricas oxidantes. Estas fallas, en la zona de estudio, han controlado solamente la sedimentación de los depósitos del Pérmico inferior (sin reactivaciones posteriores) y la formación de grandes parches de dolomitización vinculados a esta edad (Gasparrini *et al.*, 2006). Por tanto, estos yacimientos de Fe-Mn deben haberse generado durante el colapso extensional varisco.

Yacimientos supergénicos, asociados a rellenos kársticos cuaternarios

En la Sierra del Cuera se encuentran numerosos indicios de hematites manganesífero y costras de Mn en rellenos brechoideos y terrosos de cuevas cuaternarias. También se han explotado depósitos conocidos como chirteras (Fig. 2.C1-2.C3), rellenos de dolinas cuaternarias con pisoides de Fe-Mn. Ambos yacimientos son supergénicos, una concentración de tipo residual asociada a procesos kársticos recientes.

Discusión: interrelaciones genéticas entre los yacimientos Fe-Mn

Los tres tipos de yacimientos mencionados anteriormente, además de una tipología diferente, presentan características que se pueden atribuir a edades diferentes. Por ello, se puede establecer una secuencia temporal de formación de los diferentes indicios de Fe-Mn, respondiendo al contexto geodinámico general de la zona. Así, los primeros yacimientos en formarse son los sedimentarios, debidos a la concentración del Fe-Mn en ambientes relacionados con los sistemas carbonatados del Carbonífero superior.

Los yacimientos de Fe-Mn localizados en el sector somero del sistema carbonatado podrían proveer de estos metales a la parte profunda del sistema, a través de su erosión y transporte (p. ej. turbiditas). En los sectores profundos del sistema, el ambiente reductor favorecería la fijación del Fe-Mn al sedimento, formación de carbonatos de Fe y minerales de Mn y su disolución y precipitación en fracturas durante la diagénesis o en eventos hidrotermales posteriores. Los yacimientos se-

dimentarios de ambientes profundos reductores de Fe-Mn (removilizado), junto con Fe-Mn adicional de niveles corticales inferiores, pudieron surtir a los siguientes yacimientos en formarse: los hidrotermales de baja temperatura, vinculados con el incremento de la circulación hidrotermal debida al colapso extensional Varisco (Pérmico inferior). Finalmente, el Fe-Mn concentrado en las zonas de falla mineralizadas y, ocasionalmente, el de los yacimientos sedimentarios, fue oxidado, permitiendo el inicio o continuación de procesos kársticos. Los minerales de Fe-Mn insolubles resultantes fueron posteriormente reconcentrados en yacimientos residuales.

Conclusiones

En este trabajo se han identificado tres tipos de yacimientos de Fe-Mn en la Sierra del Cuera (Cordillera Cantábrica), con una línea evolutiva: i) los yacimientos sedimentarios en sistemas carbonatados carboníferos

(Mn²⁺-Fe²⁺ en ambientes profundos procedente de Mn³⁺-Fe³⁺ de ambientes oxidantes), ii) los hidrotermales de baja temperatura, en fallas normales pérmicas (removilizan Mn²⁺-Fe²⁺ sedimentario) y iii) supergénicos, ligados a la oxidación de los anteriores (con Fe³⁺) en procesos kársticos cuaternarios.

Contribución de los autores

Brais Gonzalo Guerra: Estructura del trabajo, adquisición de datos, edición, figuras, investigación/análisis.

Nemesio Heredia y Pedro Farias: revisión del manuscrito, supervisión.

Agradecimientos

Trabajo financiado por el proyecto GESTEC-2707 (IGME) y por la beca BP19-001 del Principado de Asturias.

Referencias

- Alonso, J.L., Marcos, A. y Suárez, Á. (2009). *Geologica Acta*, 7, 451-473. <https://doi.org/jtp4>
- Gasparrini, M., Bechstädt, T. y Boni, M. (2006). *Marine and Petroleum Geology*, 23 (5), 543-568. <https://doi.org/dnm6xm>
- Heredia, N., Martín-González, F., Farias, P., García-Sansegundo, J., Pedreira, D., Gonzalo-Guerra, B., García-Davia, G., Mateos, G. y Flórez-Rodríguez, G. (2022). *Journal of Maps*, 18 (2), 168-177.

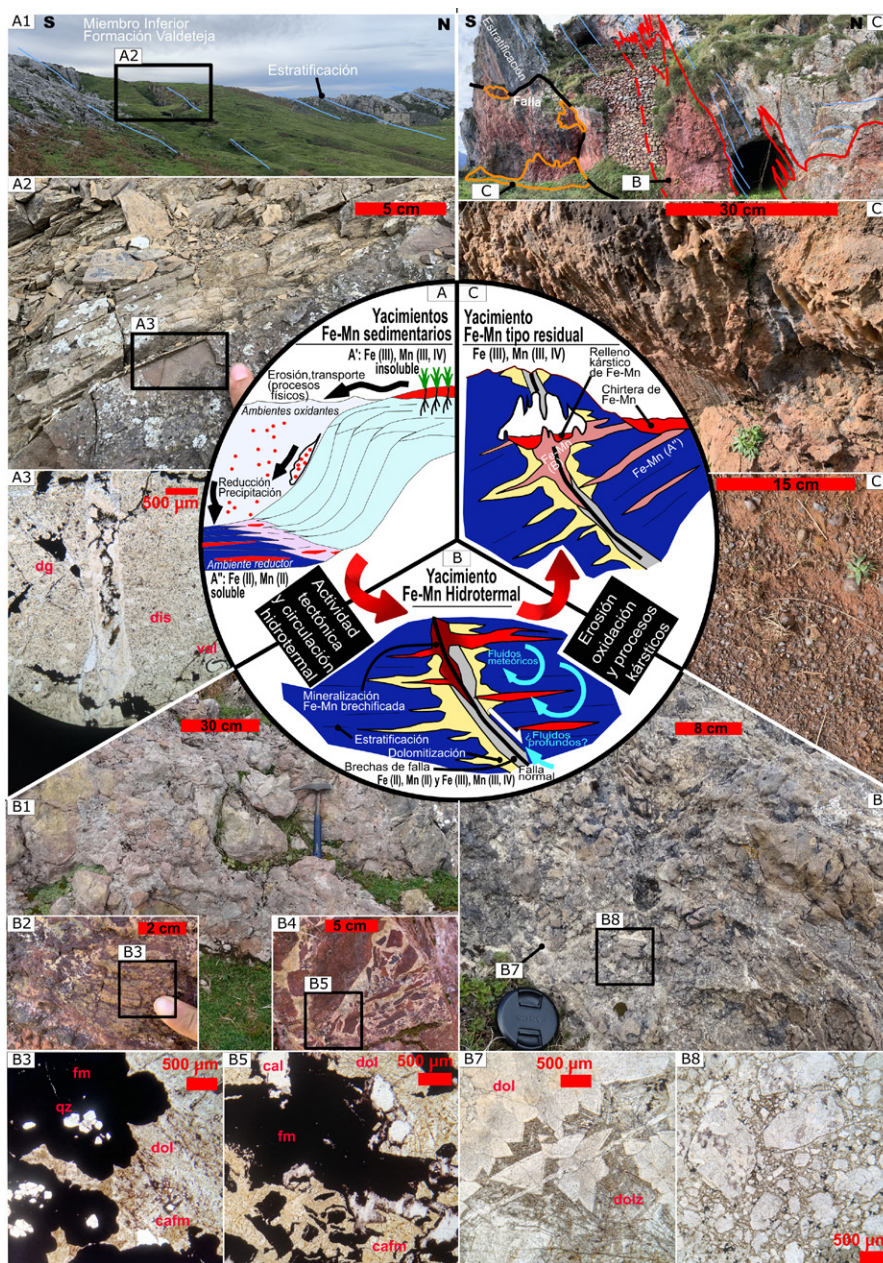


Fig. 2.- Fotografías y esquema evolutivo (relaciones y procesos) de los diferentes tipos de yacimientos de Fe-Mn en la zona de estudio. A) Yacimientos sedimentarios estratiformes en calizas Carboníferas: A1, A2) Vistas de afloramiento de yacimientos en facies de base de talud carbonatado. A3) Microfotografía (dg= relleno Fe-Mn diagenético, dis= Fe-Mn disperso, val= Fe-Mn reemplazando valvas fósiles). B) Yacimientos epitermales asociados a fallas normales del Pérmico inferior: B1) Brecha de falla con indicios de Fe-Mn. B2, B3) Muestra de mano y microfotografía de indicio de Fe-Mn botroidal en zona dolomitizada. B4, B5) Muestra de mano y microfotografía de indicio de Fe-Mn en brecha de falla (qz= cuarzo, fm= Fe-Mn, cal= calcita, dol=dolomía, cafm= carbonatos de Fe y Mn). B6) Brecha de falla dolomitizada. B7, B8) Microfotografías de la matriz y brecha de falla, respectivamente (dol= dolomía, dolz= dolomía zonada). C) Yacimientos supergénicos en rellenos kársticos cuaternarios: C1) Chirtera (relleno de dolina con pisoides) de Fe-Mn. C2, C3) relleno de cuevas cuaternarias, rico en Fe-Mn.
 Fig. 2.- Photographs and evolutive sketch (relationships and processes) of the different Fe-Mn ore-types in the study area. A) Stratiform sedimentary ores in Carboniferous limestones: A1, A2) Outcrop photos of ores located in carbonate slope-toe facies. A3) Microphotograph (dg= diagenetic Fe-Mn infill, dis=disperse Fe-Mn, val=fossil valves replaced by Fe-Mn). B) Epithermal ores linked to early Permian normal faults: B1) Fault breccia with Fe-Mn ores. B2, B3) Meso- and microscale photographs of botroidal Fe-Mn ore within dolomitized zone. B4, B5) Meso- and microscale photograph of Fe-Mn ore in a fault breccia (qz= quartz, fm= Fe-Mn, cal= calcite, dol= dolomite, cafm= Fe-Mn carbonates). B6) Dolomitized fault breccia. B7, B8) Microphotographs of breccia matrix and fault breccia, respectively (dol= dolomite, dolz= zoned dolomite). C) Supergene ores in quaternary karst infills: C1) Fe-Mn chirtera (sinkhole pisolitic infill). C2, C3) quaternary cave Fe-Mn-rich infill.

<https://doi.org/jts5>
 López-Gómez, J., Martín-González, F., Heredia, N., de la Horra, R., Barrenechea, J.F., Cadenas, P., Juncal, M., Diez, J.B., Borruel-Abadía, V., Pedreira, D., García-San-segundo, J., Farias, P., Gale, C., Lago, M., Ubide, T., Fernández-Viejo, G. y Gand, G. (2019). *Earth-Science Re-*

views, 188, 249-271. <https://doi.org/jtp6>
 Martín-González, F. y Heredia, N. (2011). *Journal of Iberian Geology*, 37, 103-120. <https://doi.org/dfrmfz>
 Pérez-Estaún, A., Bastida, F., Alonso, J.L., Marquínez, J., Aller, J., Álvarez-Marrón, J., Marcos, A. y Pulgar, J.A. (1988). *Tectonics*, 7, 517-537. <https://doi.org/dbx4js>

Pulgar, J.A., Alonso, J.L., Espina, R.G. y Marín, J.A., (1999). *Trabajos de Geología*. 21, 283-295.
 Rebollar, A., Iglesias, L. M., Arquer, F., García, J., Zapardiel, J. M. y Tornos, F. (1990). *Mineralizaciones de manganeso de la parte Oriental de la Cordillera Cantábrica (Asturias)*. IGME, Madrid, 207 pp.