

Un ejemplo de los trabajos de catalogación en las colecciones del Museo Geominero (IGME, Madrid): el acero austenítico de Los Blázquez (Córdoba)

T. Martín Crespo⁽¹⁾ y R.P. Lozano⁽²⁾

(1) Departamento de Matemáticas y Física Aplicadas y Ciencias de la Naturaleza, ESCET. Universidad Rey Juan Carlos. c/ Tulipán, s/n. 28933 Móstoles. Madrid.
E-mail: t.martin@escet.urjc.es

(2) Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España. c/ Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.
E-mail: r.lozano@igme.es

RESUMEN

Los trabajos de catalogación de la colección de meteoritos del Museo Geominero (IGME) han conducido a la caracterización del material que compone el supuesto meteorito de Los Blázquez (Córdoba), recogido y clasificado por Casiano de Prado. Los resultados obtenidos indican que se trata de un acero austenítico al Mn descubierto en 1882, que contiene en torno a 1% de C e inclusiones formadas por agregados esféricos de polimorfos de MnS, y un silicato de Mn con Fe, Mg, Ca y Al en cantidades menores. Estos datos descartan el origen meteorítico del ejemplar y la posibilidad de que fuera Casiano de Prado el recolector original.

Palabras clave: acero, Casiano de Prado, catalogación, Los Blázquez, meteorito

An example of cataloguing works on the Geominero Museum collections (Spanish Geological Survey, Madrid): the austenitic steel from Los Blázquez (Córdoba)

ABSTRACT

Cataloguing works of the Geominero Museum meteorite collection have permitted to characterize the assumed meteorite of Los Blázquez (Córdoba, province), collected and classified by Casiano de Prado. Data obtained point to a Mn austenitic steel, discovered and used for the first time in 1882. The sample contains about 1% C. Inclusions of spherical aggregates composed by MnS polymorphs and a Mn silicate with minor accounts of Fe, Mg, Ca and Al have also been observed. These results ruled out the meteoritic origin and the possibility the original collector was Casiano de Prado for the specimen.

Key words: Casiano de Prado, cataloguing, Los Blázquez, meteorite, steel

Introducción

En el marco de la catalogación de la colección de meteoritos del Museo Geominero (Instituto Geológico y Minero de España), se está realizando una exhaustiva revisión de los ejemplares con el objetivo de comprobar la fiabilidad de la información que se dispone de cada uno de ellos. Estas labores conducen, por una parte, a la comprobación de los lugares y de los datos relacionados con la caída o el hallazgo, mediante una revisión bibliográfica de los principales catálogos y publicaciones especializadas. Se hace necesaria también la realización de preparaciones

que permitan, tanto la observación microscópica como la obtención de datos geoquímicos mediante análisis micropuntuales, con el fin de corroborar la validez de la clasificación actual presente en los registros del Museo, ya que muchos ejemplares ingresaron en el mismo hace más de 50 años. Un ejemplo de los resultados de estas labores de catalogación lo constituye el trabajo realizado en el meteorito de Reliegos (León), perteneciente a esta misma colección (Lozano y Martín Crespo, 2004).

El presente trabajo se centra en una muestra recogida en Los Blázquez (Córdoba). Su revisión bibliográfica indica que es el único fragmento existente vin-

culado a esta localidad. El ejemplar procede de una colección particular de minerales y rocas que fue donada al museo en la década de los 80. Se trata de la colección que reunió José María Melgar desde principios del siglo XX. El propietario de la colección trabajó en la empresa nacional ADARO hasta que, en el momento de su jubilación, se creó en esta institución un pequeño museo que albergó las piezas, encargándose él mismo de su conservación. Cuando la empresa cerró sus puertas, se procedió al traslado de los ejemplares al Museo Geominero, conservándose actualmente las fichas originales donde figuran los datos referidos a cada ejemplar. Estos datos se transcribieron literalmente a la actual base de datos del museo y, en el caso que nos ocupa, se refleja que el objeto se incorporó a la colección Melgar en 1945 aunque no consta si se trata de una caída o un hallazgo, no se conocen las coordenadas del lugar de recogida ni tampoco del modo en que se obtuvo el ejemplar (Fig. 1). No obstante sí se refleja que fue Casiano de Prado quien encontró y clasificó como hierro nati-

vo meteórico esta muestra de Los Blázquez. Casiano de Prado y Vallo (1797-1866) realizó una importantísima labor en el siglo XIX, formando parte, entre otros organismos, de la Comisión para formar la Carta Geológica de Madrid y General del Reino (1849), que en 1850 pasó a denominarse Comisión del Mapa Geológico de España.

Desde su ingreso en el Museo Geominero, el ejemplar ha permanecido incluido en la Colección de Sistemática Mineral, concretamente en la vitrina de Elementos Nativos, clasificado como un meteorito de Fe-Ni. Se trata de un ejemplar de morfología pseudo-piramidal, de base casi triangular y con los vértices y aristas redondeadas (Fig. 2). Su peso es de 224 g. Presenta un color negro en todas sus facetas, menos en una de ellas, en la que muestra un cierto color amarillento moteado. Esta faceta de color más claro fue interpretada inicialmente como una "sombra" producida por fusión diferencial durante la hipotética entrada del meteorito en la atmósfera terrestre. Esta interpretación se vio reforzada por la morfología aerodinámica del ejemplar.

Los trabajos preliminares relacionados con la nueva catalogación de la colección revelaron que no se trataba de un compuesto metálico de Fe-Ni, ya que no se producía atracción alguna frente al imán. Se realizaron también ensayos preliminares de susceptibilidad magnética, incluidos en los trabajos dirigidos por M.L. Osete, en los que se propone el magnetismo como una propiedad física muy útil para la clasificación de ciertos tipos de meteoritos (Rochette *et al.*, 2003). Los resultados en la muestra de Los Blázquez no fueron satisfactorios, pues los valores obtenidos no se correlacionaban con los que comúnmente presentan los meteoritos. A la vista de estos resultados, se puso en duda el origen meteorítico de este material, lo que condujo a la realización de un estudio de detalle que revelara su verdadera naturaleza. En este sentido, se cortó la muestra para la realización de una probeta pulida que permitiera la observación microscópica del material. Este proceso, llevado a cabo con una sierra de corte diamantada, fue muy complicado ya que el material ofreció una gran resistencia al corte y a los posteriores procesos de pulido.

| ENADIMSA | | SERVICIO DE MINERALOGIA MUSEO DE MINERALES |
|---------------------------|-----------------------------------|---|
| IMPRES | HIERRO NATIVO | (Clas. T. N.º 122) |
| Varietal | Meteorítico | |
| Composición | (Fe,Ni) | |
| Sistema Cristalino | Cúbico | |
| Localidad | Los Blázquez (Cáceres) | |
| Procedencia | Recogido por D. Casiano del Prado | |
| Clasificado | 1945 | |
| Fecha de ingreso | 25 Agosto 1945 | |
| OBSERVACIONES | | |
| Vitrina N.º 1 - Fila | | |
| Colección J. M. de Melgar | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Fig. 1. Ficha de catalogación del ejemplar de Los Blázquez que figura en los archivos del Museo Geominero (IGME)
Fig. 1. Cataloging card of the Los Blázquez sample (Museo Geominero archives, IGME)

Metodología y resultados

Se ha realizado una difracción de Rayos X, mediante el método de polvo cristalino en un equipo PHILIPS PW-1710, utilizando el software Xpert Highscore de Panalytical y la Base de Datos ICDD, ubicado en los laboratorios del IGME en Tres Cantos (Madrid). El

análisis se ha realizado sobre las virutas del metal recuperadas después de cortar el ejemplar con sierra diamantada. El proceso de molienda, previo al ensayo de difracción, ha sido problemático debido a la naturaleza metálica de la muestra. Los resultados del análisis definen un sustrato metálico, compuesto por una aleación (acero austenítico) con Cu y Mn. La fase metálica ha sido identificada, así como el alto contenido en Mn, pero los componentes menores no han podido ser identificados.

Se ha realizado una probeta pulida para el reconocimiento petrográfico al microscopio de luz reflejada, y mineralógico mediante Microscopía Electrónica de Barrido + EDAX. Esta última técnica ha sido realizada en la Unidad de Microscopía Electrónica del Centro de Apoyo Tecnológico de la Universidad Rey Juan Carlos (Móstoles, Madrid).

El estudio petrográfico de la muestra ha puesto de relieve que se trata de un compuesto metálico de textura masiva, en la que aparecen de manera dispersa, y a modo de inclusiones, pequeños agregados cristalinos de morfologías esféricas o elipsoidales, y un tamaño no superior a 250 μm (Fig. 3). Estos agregados presentan una textura granular definida por un intercrecimiento de dos fases minerales con distinta luminiscencia bajo el haz de electrones retrodispersados. Ambas fases muestran tamaños de grano homogéneos ($< 10 \mu\text{m}$), aunque también aparecen agregados de varios cristales de la misma fase.

Los análisis llevados a cabo en la parte masiva de la muestra mediante EDAX reflejan una composición metálica definida, principalmente, por Fe y Mn y, de manera secundaria, por cantidades menores de Cr, Si y C (Tabla 1). Tanto los espectros obtenidos como los contenidos calculados reflejan una composición homogénea, con un contenido en Fe de $\approx 85\%$ en peso, en Mn de $\approx 13\%$ en peso, en Cr en torno a 0,80% en peso, de hasta 0,30% en peso de Si y un contenido en C que, en ningún caso, supera 0,80 % en peso. La técnica EDAX proporciona análisis semicuantitativos, pero los resultados composicionales calculados se obtuvieron por comparación con el patrón B.C.S*/S.S. N° 495/1 (British Chemical Standards). Los agregados esferulíticos presentan dos fases minerales distintas, ambas formadas por compuestos de Mn como elemento principal (Tabla 1). Una fase es sulfuro de Mn, con cantidades menores de Si, y trazas de Al y Ca. Este sulfuro de Mn podría tratarse de las fases alabandita y/o rambérgita, polimorfos ambos de composición MnS , del sistema cúbico el primero y del hexagonal el segundo. La otra fase está definida por una composición silicatada, con Fe, Mg, Ca y Al en cantidades menores.



Fig. 2. Supuesto meteorito de Los Blázquez (Córdoba) perteneciente a la colección del Museo Geominero (IGME)

Fig. 2. Supposed meteorite of Los Blázquez (Córdoba) belonging to the collection of the Museo Geominero (IGME)

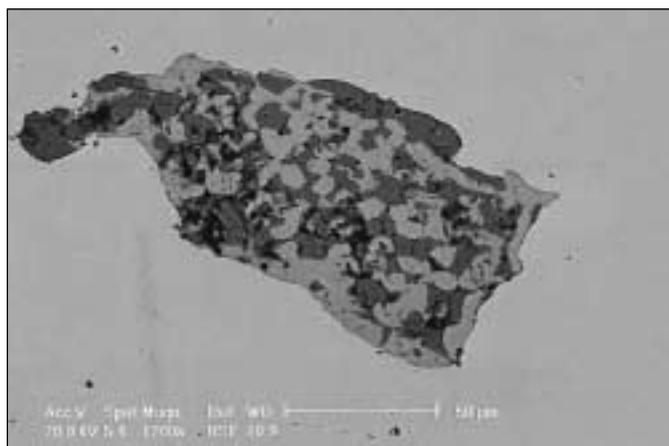


Fig. 3. Imagen (electrones retrodispersados) de una inclusión en la aleación metálica que contiene un agregado mineral formado por dos fases distintas: una fase de sulfuro de manganeso (de color gris claro) y otra de silicato de manganeso (de color gris oscuro)

Fig. 3. Backscattered image (BSE) of an inclusion in the metallic alloy containing a mineral aggregate composed by two different phases: a manganese sulfide phase (light gray phase) and a manganese silicate (dark gray phase)

Tanto las características texturales como las composicionales están indicando que la muestra en estudio es una aleación de Fe (85% en peso) y Mn (13% en peso), con cantidades menores de C, Cr y Si (2% en peso). Esta composición encaja perfectamente con la que la literatura proporciona para los aceros austeníticos al Mn, inventados por Sir Robert Hadfield en

| Análisis (% en peso) | Aleación (acero) | Sulfuro (inclusiones) | Silicato (inclusiones) |
|-------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|
| Si | 0,22 | 2,20 | 14,98 |
| Al | | 0,63 | 0,86 |
| Fe | 85,26 | | 3,05 |
| Mn | 12,98 | 59,39 | 44,51 |
| Mg | | | 5,11 |
| Ca | | 0,42 | 3,72 |
| Cr | 0,77 | | |
| C | 0,78 | | |
| O | | 5,37 | 27,77 |
| S | | 31,99 | |
| Suma | 100,01 | 100,00 | 100,00 |

Tabla 1. Análisis representativos de las tres fases identificadas en la muestra estudiada

Table 1. Representative analyses of the three phases identified in the studied sample

1882 (Guliáev, 1983). En origen, este tipo de aceros contenía en torno a un 12% de Mn y un 1,2% de C pero, conforme se ha ido desarrollando la industria de este tipo de materiales, el contenido en C ha ido descendiendo ligeramente (hasta valores de 0,8%), y se han añadido otros elementos tales como Ni o Mo. En ningún caso ha variado sensiblemente el contenido en Mn, el elemento que le confiere a esta aleación las propiedades mecánicas por las que es muy apreciado. Mecánicamente, se caracterizan por presentar una densidad de 7,8 g/cm³ y unas altas resistencias tensional y crítica, presentando una extraordinariamente alta resistencia al desgaste cuando el rozamiento va acompañado de presión y golpes (Guliáev, 1978). Además, es un acero austenítico no magnético (no es atraído por un imán). Generalmente presentan inclusiones submilimétricas de cristales intercrecidos de sulfuro de Mn y una fase silicatada de Mn (Kim *et al.*, 2001; 2002). Tanto el tamaño de estas inclusiones, como su presencia y proporciones relativas de una u otra fase parece estar relacionado con la historia térmica del acero, más concretamente con las velocidades de enfriamiento.

Conclusiones

Las características magnéticas, mineralógicas, texturales y composicionales de la muestra estudiada determinan su clasificación como un acero austenítico al Mn, y descartan su clasificación como un meteorito metálico, como estaba catalogado hasta la fecha en la colección de meteoritos del Museo Geominero.

La invención de este tipo de acero en 1882 invalida la información que se disponía de este ejemplar, donde se atribuía a Casiano de Prado la recogida y clasificación del mismo, algo imposible si se tiene en cuenta que este ilustre naturalista murió en 1866.

El supuesto carácter magnético, a tenor de su clasificación como un meteorito metálico, ya fue puesto en duda por M.L. Osete, en cuyo estudio se midieron los parámetros magnéticos de las muestras de la colección del Museo Geominero (Rochette *et al.*, 2003). Se incluyeron en el trabajo los datos de ejemplares como el procedente de Reliegos (Lozano *et al.*, 2004; Lozano y Martín Crespo, 2004), pero se puso en duda el carácter meteorítico de Los Blázquez, dado que los valores obtenidos apuntaban hacia una aleación metálica no magnética, similar al bronce. Además del carácter no magnético, su alta resistencia al corte también es una característica distintiva de este tipo de aceros al Mn. Tanto la textura masiva con inclusiones submilimétricas, como la composición mineralógica y química de las mismas, son las que presentan los aceros austeníticos al Mn, definidas y caracterizadas por Kim *et al.* (2001, 2002).

Este tipo de trabajos de revisión y catalogación se hacen necesarios en las colecciones de carácter histórico, que nunca han sido objeto de un estudio de detalle y donde los criterios de clasificación fueron, principalmente, de *visu*.

Agradecimientos

Los autores quieren mostrar su agradecimiento a Gilberto del Rosario por la asistencia técnica en el microscopio electrónico de barrido, así como a Ángel Paradas por su aportación a este trabajo, en referencia a los datos vinculados con la historia del ejemplar antes de su llegada al Museo Geominero.

Referencias

- Guliáev, A.P. 1983. *Metalografía* (Tomo 2). Mir, Moscú, 296 pp.
- Kim, H.S., Lee, H. y Oh, K. 2001. MnS precipitation in association with manganese silicate inclusions in Si/Mn deoxidized steel. *Metallurgical and materials transactions A*, 32A, 1519-1525.
- Kim, H.S., Lee, H. y Oh, K. 2002. Evolution of size, composition, and morphology of primary and secondary inclusions in Si/Mn and Si/Mn/Ti deoxidized steels. *ISIJ International*, 42, 1404-1411.
- Lozano, R.P., Martín Crespo, T. y González Laguna, R. 2004. El meteorito de Reliegos (León). Estudio mineralógico y petrológico. *Boletín Geológico y Minero*, 114, 481-493.

Martín Crespo, T. y Lozano, R.P. 2005. Un ejemplo de los trabajos de catalogación en las... *Boletín Geológico y Minero*, 116 (1): 113-118

Lozano, R.P. y Martín Crespo, T. 2004. Petrography and mineral chemistry of the Reliegos chondrite, Spain. *Meteoritics and Planetary Sciences*, 39, A157-A162.

Rochette, P., Sagnotti, L., Bourot-Denise, M., Consolmagno, G., Folco, L., Gattacceca, J., Osete, M.L. y Pesonen, L. 2003. Magnetic classification of stony meteorites: 1.

Ordinary chondrites. *Meteoritics and Planetary Sciences*, 38, 251-268.

Recibido: noviembre 2004

Aceptado: marzo 2005