

Meteoritos españoles del Museo Nacional de Ciencias Naturales

J. García Guinea^{1, 2}, C. Martín Escorza², M. Fernández Hernán², L. Sánchez Muñoz³, V. Correcher³, B. Sánchez Chillón², L. Tormo²

RESUMEN

El objetivo de este estudio es recopilar los datos históricos conocidos más relevantes sobre meteoritos españoles incorporando las novedades que está generando el importante meteorito de Villalbeto (Palencia, 4 de enero de 2004), incluyendo análisis originales en el microscopio electrónico ambiental de barrido (ESEM) realizados en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN), nuevos testimonios humanos y nuevas observaciones de campo, con algunas fotografías inéditas del meteorito. El superbólide del 4 de enero de 2004 fue un fenómeno geológico de importancia trascendental, estuvo acompañado de sonidos, una estela persistente de 30 minutos y más de 32 fragmentos documentados. La masa entrante se pudo determinar independientemente por su luminosidad, por detección sísmica, por detección infrasónica y por radioisótopos, coincidiendo todos los métodos en unos 750 kilogramos y menos de un metro de diámetro. Entró en la atmósfera terrestre a 61.000 kilómetros por hora y estalló a unos 28 kilómetros de altura esparciendo fragmentos en un área elíptica de unos 20 x 6 kilómetros en el norte de Palencia.

Palabras clave: Meteoritos, España, Villalbeto, Bolido, Historia.

ABSTRACT

Aims of this work are to collect relevant historical data on Spanish meteorites together with the recent data provided by novelties which are being generated from the important meteorite fall of Villalbeto (Palencia at 2004, January, 4th.). Here are also included new observations performed by ESEM (Environmental Scanning Electron Microscopy) in the Spanish Museo Nacional de Ciencias Naturales of Madrid (MNCN), new private information and new field observations together with original pictures of the Villalbeto fragments. The impressive fireball of January 4, 2004 was an important geological phenomenon escorted by audible booms, colour, a persistent path of 30 minutes and a production of more than 32 known fragments. The initial entrance magnitude mass was independently determined by photometric, seismic, infrasound and radioisotopes data matching on 750 kg, size less than 1 m of diameter, and 60 000 km/h in the entrance time. A massive fragmentation occurred at a height of 28 km produced a meteorite strewn field of 20x6 km in the northern of Palencia.

Key words: Meteorites, Spain, Villalbeto, Bolide, History.

Introducción. Colección del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)

La Colección de Meteoritos del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid consta de más de 240 especímenes que corresponden a unos 160 meteoritos diferentes. La colección fue iniciada por el Marqués de Socorro, tomando como base algu-

nos ejemplares antiguos que se encontraban en el Museo junto con intercambios y compras que realizó. Esta colección, según datos de Fernández Navarro (1923) indica que (i) en 1886 constaba de 68 ejemplares que procedían de unas 64 localidades, (ii) cuando Calderón se hizo cargo en 1895 de la sección de Mineralogía su número aumentó. En 1916 figuran ya 99 ejemplares de 94 localidades

¹ Correspondencia: guinea@mncn.csic.es.

² Museo Nacional de Ciencias Naturales. C/ José Gutiérrez Abascal, 2. Madrid 28006.

³ CIEMAT. Avenida Complutense, 22. Madrid 28040.

Tabla 1.—**Meteoritos españoles en el Museo Nacional de Ciencias Naturales**
(Datos extraídos de Muñoz-Espadas, 2002)

Meteorito	Clasificación	Fecha	Gramos	Número de ejemplares
Villalbeta (Palencia)	Condrita L6	4 de enero de 2004	~300	4
Reliegos (Leon)	Condrita L5	28 de diciembre de 1947	10.109	3
Olmedilla Alarcón (Cuenca)	Condrita H5	26 de febrero de 1929	36.320	5
Ojuelos Altos (Córdoba)	Condrita L6	10 de diciembre de 1926	4.606	2
Olivenza (Badajoz)	Condrita LL5	19 de junio de 1924	50.076	5
Colomera (Granada) (H)	Siderit Octae IIE	5 de noviembre de 1912	120.342	4
Garraf (Barcelona) (H)	Condrita L6	Junio de 1905	7,8	1
Gerona (Gerona) (H)	Condrita H5	1899	52,6	1
Quesa (Valencia)	Sin clasificar	1 de agosto de 1898	8,5	1
Madrid (Madrid)	Condrita L6	10 de febrero de 1896	18,5	1
Los Martínez (Murcia)	Condrita L6	Mayo de 1894	20	1
Guareña (Badajoz)	Condrita H6	20 de julio de 1892	32.905	4
Cabezo Mayo (Murcia)	Condrita L6	18 de agosto de 1870	132	1
Cangas Onís (Asturias)	Condrita H5	6 de diciembre de 1866	10.500	1
Sevilla (Sevilla)	Condrita LL4-6	1 de noviembre de 1862	61	2
Cañellas (Barcelona)	Condrita H4	14 de mayo de 1861	454,6	5
Molina Segura (Murcia)	Condrita H5	24 de diciembre de 1858	112.500	1
Oviedo (Asturias)	Condrita H5	5 de agosto de 1856	10	2
Nulles (Tarragona)	Condrita H6	5 de noviembre de 1851	4.372	9
Barea (Rioja)	Mesosiderito	4 de julio de 1842	988	3
Sena (Huesca)	Condrita H4	Noviembre de 1773	1.688	3

distintas. En 1923 el Museo poseía 168 meteoritos, representantes de 131 caídas (Navarro, 1923). En 1986 el listado de la colección de meteoritos contenía 217 muestras de más de 155 meteoritos diferentes (King *et al.*, 1986) y en el año 2002 de 299 muestras de 159 meteoritos (Muñoz-Espadas *et al.*, 2002) (véase tabla 1). Existen algunas publicaciones-catálogo de la colección de meteoritos del MNCN, o sobre otros aspectos más generales o colectivos de la misma, entre ellos se pueden citar los de Casanova *et al.* (1987, 1990); Martínez-Frías *et al.* (1989), Martín Escorza (1987, 2004) o Muñoz-Espadas *et al.* (2002). En enero de 2004 entraron en la Colección del Museo los ejemplares del Meteorito de Villalbeta (Palencia) donados por los autores de este trabajo (JGG y MFH). Con las nuevas adquisiciones conseguidas en la Feria de Tucson (Arizona, USA) la colección del MNCN alcanza los 340 especímenes.

La entrada de nuevos meteoritos de España podría suponer un problema legal de pertenencia porque no existe legislación o normativa alguna que consigne que los meteoritos caídos o hallados tengan que ser archivados en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de España, por lo que, con la legislación vigente en la mano, teóricamente tendríamos que dar por cerrada la colección de meteoritos españoles del MNCN (fig. 1).

Descriptiva: meteoritos españoles

Villalbeta de la Peña (2004, Palencia)

Introducción

En la tarde del domingo 4 de enero de 2004 a las 16.46.45 horas TUC (Tiempo Universal Coordinado) un impresionante bólido con destellos más intensos que la luna llena fue observado por miles de personas desde la mitad norte peninsular de España y Portugal y suroeste de Francia. Del objeto inicial, con una masa pre-atmosférica aproximada de media tonelada, han sido recuperados unos 30 meteoritos, los primeros en territorio español en más de 57 años (desde 1947 Reliegos, León). El extraordinario brillo del meteoro favorecía su visibilidad a plena luz del día durante escasos segundos que afortunadamente permitió tomar varias fotografías (fig. 2a) e incluso un fragmento de vídeo doméstico que emitió TV1. Otra fotografía recoge el momento de la fragmentación a baja altura sufrida por el bólido (fig. 2b); pocos días después pudimos ratificarlo sobre el terreno muestreando fragmentos con cortezas de doble fusión en las cercanías de Villalbeta (fig. 2c). Sin lugar a dudas, el superbólido del 4 de enero de 2004 ha sido uno de los fenómenos geológicos más importantes ocu-



Fig. 1.—Fotos de meteoritos caídos y hallados en España de la Colección de Meteoritos del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. Ver datos de pesos, número de fragmentos, fechas de caídas y clasificación en tabla 1.

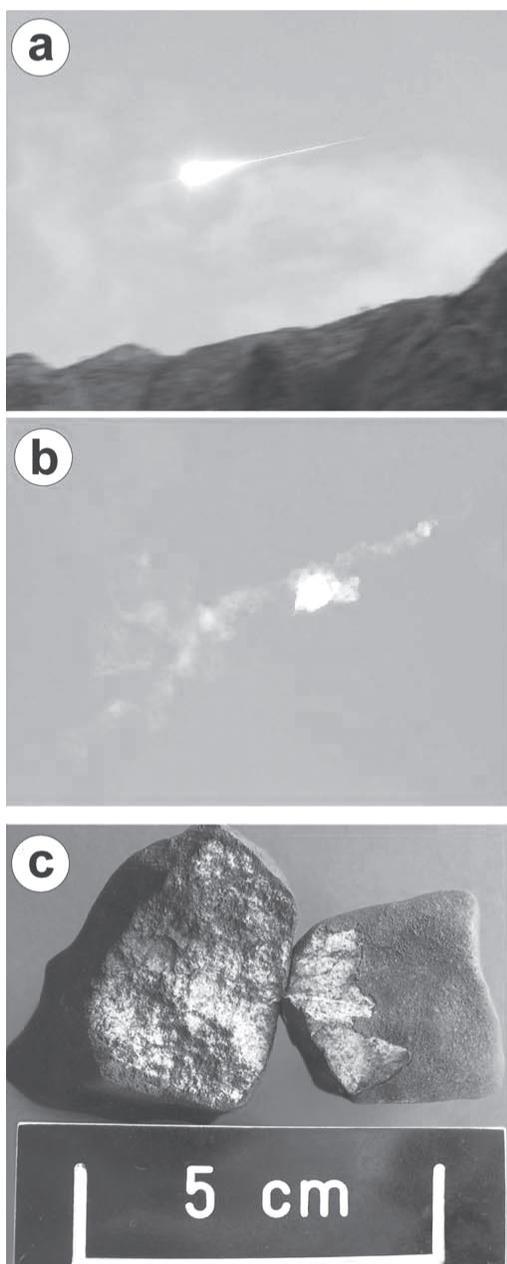


Fig. 2.—*a*) El bólido de 4 de enero de 2004 en pleno vuelo registrado desde las Hoces de Valdeteja (León). Imagen cortesía Salvador Díez y emitida en abierto por la Red de Investigación de Bólididos y Meteoritos. *b*) Apenas un minuto tras un impresionante relámpago «sin nubes de tormenta» y posterior estruendo oído por las familias del pueblo de Villalbeto de la Peña, fue captada esta imagen de la estela persistente dejada por el bólido en su tramo final. Imagen Jesús Martín tomada el 4 de enero de 2004 y emitida en abierto por Red de Investigación de Bólididos y Meteoritos. *c*) Fragmentos recogidos y muestreados por el autor (García Guinea) mostrando tres tipos de superficies: 1. Color oscuro de la costra de fusión; 2. Color claro del interior del meteorito al romperse contra una piedra del suelo; 3. Colores intermedios claros con manchas oscuras debidas a la formación de cortezas de fusión parciales por la escasa oxidación producida durante el corto recorrido desde su fragmentación en vuelo hacia el suelo.

rridos en España en los últimos tiempos. Su despliegue de color, los fenómenos sonoros asociados, su estela persistente durante más de treinta minutos, la profundización del material en la atmósfera y la aparición, una semana después en Villalbeto, de meteoritos asociados al bólido (figs. 3 a, b, c, d) han permitido documentar detalladamente el fenómeno.

Aparición y análisis de los primeros fragmentos Villalbeto

La recuperación de los primeros fragmentos tuvo lugar sobre las pistas de mármol blanco molido y apisonado del Pueblo de Villalbeto de la Peña (figs. 3c, d). El sábado 10 de enero de 2004 coincidieron paseando José Allende (vecino de Villalbeto), Abel Tarilonte (periodista que iba buscando meteoritos) y Jurgen Neu (comerciante alemán de meteoritos que había acudido por los mismos motivos). El «técnico» alemán llevaba imán, lupa y conocimientos necesarios para identificar los fragmentos; caminando los tres juntos, José Allende encontró sobre la pista un fragmento de 42,03 g y simultáneamente, Abel Tarilonte encontró otro de 21,76 g, el alemán encontró otro más y les corroboró su naturaleza y continuó la búsqueda durante varios días encontrando más fragmentos que facturó por vía postal a Alemania, según manifestó posteriormente a Abel Tarilonte en el aeropuerto de Barajas al preguntarle por las piezas recogidas. La tarde del día 15 de enero, Abel Tarilonte acudió al MNCN con su fragmento de 21,76 g para que algún investigador certificara su autenticidad y mostró una foto de la pieza en su lugar de origen sobre la pista apisonada. Javier García Guinea lo inspeccionó, certificó de visu su naturaleza de meteorito y le propuso realizar pruebas no destructivas de la pieza en el ESEM del Museo (microscopio electrónico de barrido) analizando sobre una raspadura previa que dejaba ver su interior de olivino. Durante el fin de semana del 17 al 18 de enero Abel viajó de Madrid a Villalbeto y compró el otro fragmento de 42,03 g a José Allende por unos 100 euros para poder negociar posteriormente. El lunes 19 de enero Laura Tormo, química operadora del ESEM del MNCN, analizó el ejemplar determinando silicato de magnesio; sulfuro de hierro y hierro-níquel, composición característica de un meteorito de tipo contrita, y se emitió una nota a la agencia EFE-Madrid comunicando el hallazgo del primer fragmento. Otras observaciones importantes que apuntan más hacia

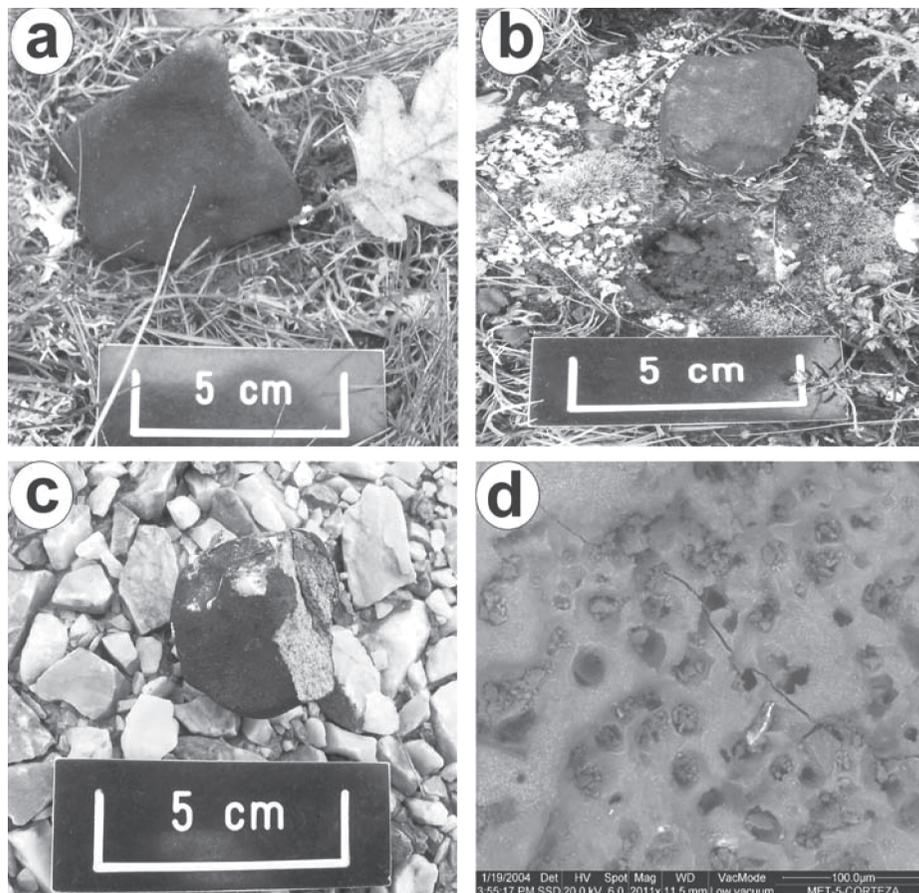


Fig. 3.—*a)* Meteorito de Villalbeto intacto, con la característica forma de pera aerodinámica, por haber impactado probablemente en una rama de árbol y después en una capa de nieve y hierba. *b)* Meteorito de Villalbeto recién extraído de su «cráter» de impacto. *c)* Meteorito de Villalbeto roto contra el firme de una pista de caliza y con polvo calizo blanco adherido en la zona de impacto. *d)* Foto al microscopio electrónico de barrido de la corteza de ese mismo meteorito de Villalbeto con los poros de salida de gases rellenos de la caliza de la pista.

«caída» que hacia «hallazgo» son: 1) la posición temporal sobre pistas apisonadas en noviembre de 2003; 2) la exposición ambiental de hierro nativo sin oxidar; 3) la entrada de calcita dentro de los cráteres de emisión de gases por efecto del choque contra la pista de caliza apisonada (fig. 3d, bajo ESEM); 4) las manifestaciones de los habitantes de Villalbeto sobre silbidos, vuelos de piedras y caídas de polvillo negro sobre los coches (fig. 4a, observaciones). El miércoles 21 de enero, hacia las 7 de la tarde, el periodista Abel Tarilonte comprobó que las autoridades del Museo o del CSIC, no le ofrecían la gran compensación económica que esperaba y se llevó las dos piezas de 21,76 g y de 42,03 g. Los autores García Guinea y Martín Fernández tomaron la determinación de salir a buscar meteoritos al día siguiente a las cinco de la madrugada con la única información del topónimo Villalbeto proporcionada

por Abel Tarilonte. Hacia las 12:00 horas pudieron encontrar un primer ejemplar sobre una pista de caliza apisonada en las cercanías del pueblo vecino (Tarilonte a unos 4 km), hacia las 16:00 horas otro ejemplar a unos 2 km del primero, continuaron hasta las 8 de la noche, y a cero grados, utilizando los faros del coche buscando infructuosamente entre los pueblos de Tarilonte y Villalbeto. La información con las coordenadas geográficas GPS de los hallazgos fue inmediatamente comunicada a los equipos de búsqueda de voluntarios de las agrupaciones Leonesa y Palentina de Astronomía dirigidos por José Vicente Casado, que estaban alejados sólo unos kilómetros, para sumar esfuerzos determinando una buena elipse de distribución de impactos antes de que los coleccionistas privados (alemanes y franceses incluidos) limpiaran la zona. Los equipos leoneses y palentinos siguieron buscando y lle-

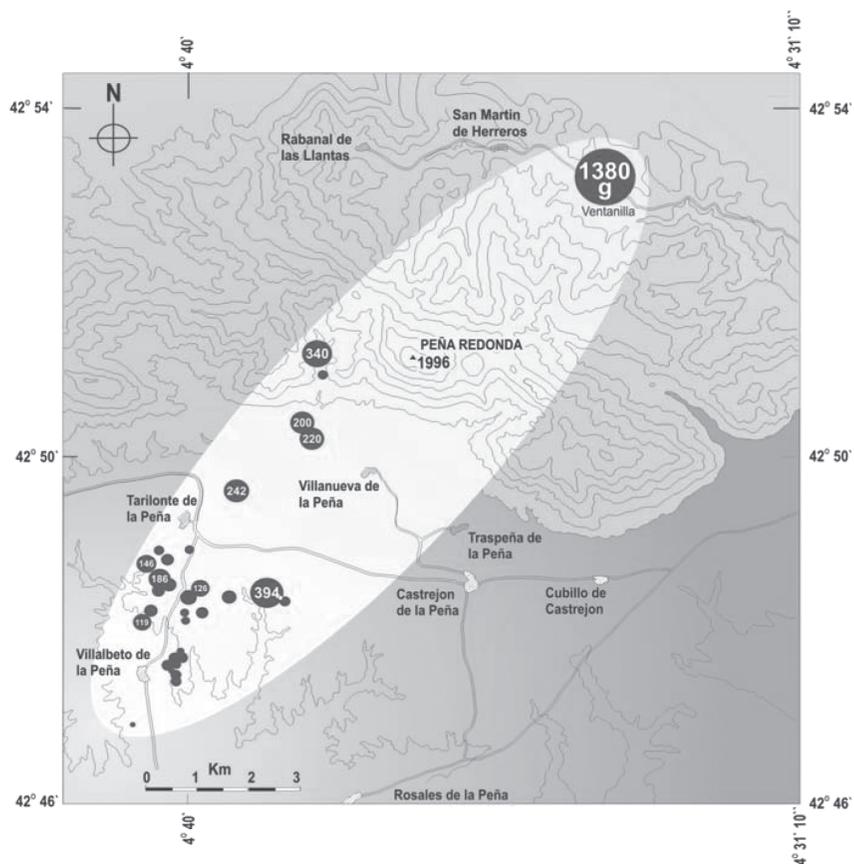
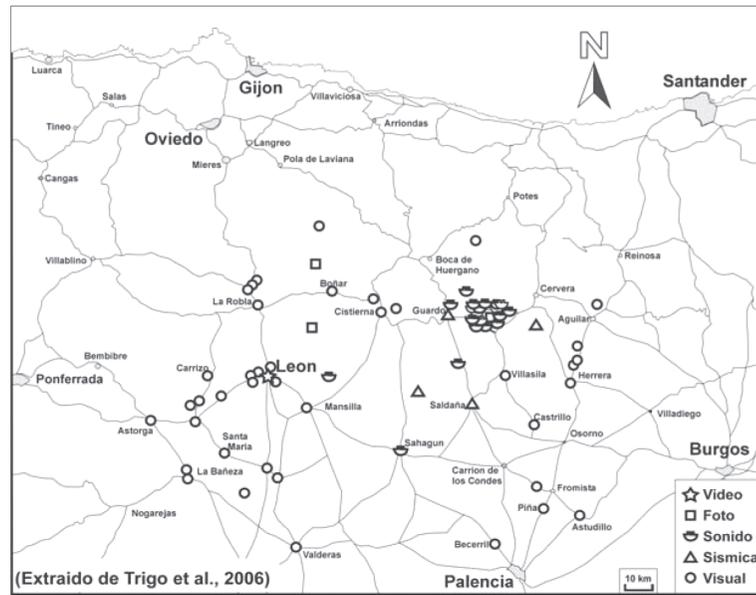


Fig. 4.—*Arriba*: mapa de distribución de informaciones (vídeos, fotos, sonidos, sísmicas, visuales) sobre el meteorito de Villalbeto obtenida por el exhaustivo trabajo de los voluntarios de las agrupaciones Leonesa y Palentina de Astronomía dirigidos por José Vicente Casado, Josep Maria Trigo-Rodríguez y Jordi Llorca. *Abajo*: elipse de distribución de impactos realizada a partir de las posiciones GPS medidas por dos equipos de búsqueda de fragmentos dirigidos por José Vicente Casado (León) y por Javier García Guinea (MNCN, Madrid) más los datos de otros muestreos (franceses y alemanes) aportados por la Red de Investigación de Bóldos y Meteoritos (doctor Trigo-Rodríguez).

garon a recoger otros seis o siete fragmentos más. La búsqueda continuó varios fines de semana más, con más gente ayudando, hasta llegar a encontrar un total de siete meteoritos, que fueron donados a los museos nacionales (MNCN) y autonómicos (Valladolid) más las secciones enviadas a analizar a California (Dr. Trigo) y Barcelona (Dr. Llorca), los únicos que mostraban interés por analizar los meteoritos. Finalmente, se consiguió conocer unas 30 coordenadas GPS, con sus pesos respectivos, sumando un total aproximado de 4,6 kg, lo que nos permitió dibujar una buena elipse de distribución de impactos (fig. 4b) que ayuda a definir la trayectoria de caída del bólido.

Determinaciones analíticas sobre el bólido y composición del meteorito

Es la primera vez que se determina la masa de un objeto entrante con cuatro métodos independientes (luminosidad, detección sísmica, detección infrasónica y radioisótopos), y coinciden en una cifra de unos 750 kg de la masa origen. El objeto, que medía algo menos de un metro de diámetro, llevaba, a su entrada en la atmósfera terrestre, una velocidad de casi 61.000 kilómetros por hora. La enorme presión por el rozamiento con la atmósfera hizo que estallara a unos 28 kilómetros de altura y que los restos se esparcieran en un área elíptica de 20 x 6 km ocupando unos 100 kilómetros cuadrados (Llorca *et al.*, 2005). Los análisis de los fotogramas del vídeo doméstico han permitido calcular una magnitud absoluta del bólido aproximada de -18 ± 1 (Trigo-Rodríguez *et al.*, 2006). La onda de aire asociada fue registrada por una estación sísmica francesa a 90 km de distancia y por una estación de infrasonidos situada a 750 km al NE de la trayectoria del superbólido. Se pudo calcular la energía de la potente explosión de 0,02 kilotonnes que se produjo en la atmósfera y el tiempo que transcurrió desde que el objeto salió despedido de su asteroide progenitor (probablemente tras la colisión entre dos asteroides), hace unos 48 millones de años (Llorca *et al.*, 2005). A partir de precisas calibraciones astronómicas, Trigo-Rodríguez *et al.* (2006) han determinado la trayectoria atmosférica del meteorito. La velocidad inicial del bólido calculada con 86 fotogramas del vídeo doméstico fue de $16,9 \pm 0,2$ km/s y la altura terminal del bólido fue de $22,2 \pm 0,2$ km/s. La órbita heliocéntrica del meteorito radica en el plano eclíptico ($i = 0,0 \pm 0,2^\circ$) con una distancia de perihelio de $0,860 \pm 0,007$ UA y un

semieje mayor de $2,3 \pm 0,2$ UA. Por este motivo, el cuerpo progenitor del meteorito de Villalbeto proviene del Arco Principal. El análisis del bólido de Villalbeto ha permitido estudiar la novena órbita conocida de un meteorito en el Sistema Solar (Trigo-Rodríguez *et al.*, 2006). El peso específico del meteorito de Villalbeto es de $3,42 \text{ g cm}^{-3}$, situado entre los márgenes $3,40 \pm 0,15 \text{ g cm}^{-3}$ de las condritas de tipo L6 (Wilkinson *et al.*, 2000). Presenta numerosas venillas de choque o estrés tectónico.

La caracterización del meteorito de Villalbeto se completó con el estudio de su respuesta termoluminiscente (TL), se trata de la emisión de luz procedente de un sólido cuando es calentado. Para que este proceso tenga lugar es necesario que previamente el material haya absorbido energía de radiación. La curva de TL natural del meteorito presenta un máximo de gran intensidad centrado a 320°C debido, principalmente, a la exposición de esta fase polimineral (olivino, plagioclasa, fosfatos, etc.) a radiación cósmica (protones y neutrones) y al decaimiento de los radioisótopos cosmogénicos (^{22}Na , ^{48}V , ^{51}Cr , ^{54}Mn , etc.). Las curvas de TL obtenidas a partir de la corteza de fusión no mostraban señal alguna; esta respuesta se debe a que la muestra, al entrar en contacto con la atmósfera terrestre, alcanzó temperaturas muy altas que hicieron desaparecer dicha señal. Es decir la TL de la parte más externa del meteorito sufrió una «puesta a cero». Al mismo tiempo esta fina película vítrea actuó como aislante térmico protegiendo las fases minerales de las altas temperaturas y evitando el borrado de la señal luminiscente.

En un trabajo previo (Llorca *et al.*, 2005), ya indicamos que desde el punto de vista composicional, el meteorito de Villalbeto contiene ~2-3% (volumen) de Fe-Ni metálico en forma de kamacita ($6,9 \pm 0,5\%$ Ni, $1,0 \pm 0,1\%$ Co en peso), taenita ($37,6 \pm 1,9\%$ Ni, $0,3 \pm 0,05\%$ Co), y plessita. La composición de la troilita es muy homogénea ($63,3 \pm 0,2\%$ Fe, $36,7 \pm 0,2\%$ S). Los análisis por microsonda del olivino (Fa $24,2 \pm 0,2$ mol%) y del piroxeno cálcico (Fs $20,3 \pm 0,2$, Wo $1,6 \pm 0,2$ mol%) lo sitúan en el grupo de condritas de tipo L (Fa 23,0-25,8, Fs 18,7-22,6); Rubin (1990); Gomes *et al.* (1980). Aunque la composición principal de la cromita difiere algo de las cromitas tipo L, los óxidos están en el grupo de condritas L4-6 (Bunch *et al.*, 1967). La homogeneidad composicional de los silicatos máficos, la presencia de granos de plagioclasa de 50- μm y las texturas de recristalización apuntan hacia una clasificación de tipo petrológico 6. La

presencia de algo de texturas mosaico y los juegos de fracturas paralelas en los cristales de olivino muestra que la roca ha sufrido un episodio de choque S4 (Stöffler *et al.*, 1991). La plagioclasa de Villalbeto de la Peña (Ab 69,2 Or 7,3) difiere de la composición principal de las condritas equilibradas L (Ab 84,2 Or 5,6; VanSchmus *et al.*, 1968) con menores proporciones de Na₂O y enriquecimientos en K₂O esta diferencia composicional puede explicarse por volatilización de choque de plagioclasa sódica (Rubin, 1985).

Las concentraciones y composiciones isotópicas de He, Ne, y Ar sugieren una edad 48 ± 5 Ma por exposición media a los rayos cósmicos. Existen otras condritas con edades cósmicas de 48 Ma, pero la mayoría son de unos 40 Ma y 28 Ma (Llorca *et al.*, 2005). Los contenidos de ⁴⁰Ar son bajos y corresponden a edades por retenciones de gas K-Ar cercanas a los 700 Ma. Los bajos contenidos en ⁴He y ⁴⁰Ar podrían ser explicados por pérdidas de gases por calentamiento del asteroide antes de la eclosión. Durante la transferencia del asteroide hacia la Tierra no se han producido más calentamientos o pérdidas de gases como la demuestra una edad cósmica normal de ³He. El contenido de ³⁶Ar atrapado es característico de condritas de tipo 6. (Llorca *et al.*, 2005).

Reliegos (1947, León)

A 25 km al SE de León, la villa de Reliegos se encuentra a 810 m de altitud. Durante las primeras horas de la mañana del domingo 28 de diciembre de 1947 cubría la zona una espesa niebla. A las 08.30 h en la comarca se oyeron ruidos que provenían del cielo. Como quiera que en las proximidades de León existiera una Base Aérea Militar, muchas de las personas que escucharon aquellas trepidaciones creyeron que eran producidas por un avión que volaba muy bajo. Ramira Santa Marta Cembranos, estaba en la habitación de su casa, en la calle Real de Reliegos, terminando de vestirse cuando oyó el ruido que creía proveniente de un avión, tan cercano que se dirigió con prontitud a la cocina y al abrir la ventana oyó dos golpes o explosiones fuertes y sintió cómo trepidaban tanto las paredes como los cristales de la casa. Ramira salió rápidamente a la calle, hacia donde corrían ya varios vecinos, preguntándose donde habría caído el avión, pues todavía creían que esa era la causa de todo aquello, entonces vieron el hoyo que había en su misma

calle y cerca de él una piedra distinta (negra, de gran tamaño, y seca, en contraste con la humedad que mostraban todas las otras por efecto de la niebla). Parece ser que nadie se atrevió a tocarla por temor a que, todavía sospechaban sobre un origen militar del suceso, o que se tratara de una bomba caída de un avión, por lo que los vecinos dieron aviso a la citada Base Aérea Militar. Ante tal noticia Carlos Rodríguez Arango, ingeniero de Minas y entonces Jefe del Distrito Minero de León, acompañó al lugar de caída a un oficial de la Base Aérea. Cuando observaron todo aquello comprendieron que el fenómeno era, en definitiva, debido a la caída de un meteorito y el objeto fue puesto a disposición del técnico. En una primera nota, Rodríguez Arango (1948), nos habla de que el impacto se produjo a 2 m de una casa, y que cuando se acercaron a recogerlo (no dice quiénes ni cuándo) la piedra se hallaba aún muy caliente. Bonifacio Ferreras de la Mata vio la piedra a las diez de la mañana y observó que estaba algo más caliente que sus manos que las había llevado metidas en los bolsillos. A las 11, según testimonio de Froilán Fernández Martínez, la piedra ya estaba fría. Por lo que se expresa en Gómez de Llarena y Rodríguez Arango (1950), se deduce que el propio Rodríguez Arango debió enviar días después de la caída a dos ayudantes facultativos de minas del Distrito de León, José Antonio Álvarez y Luis López y López, para que indagaran sobre el lugar y recogieran todas las noticias que pudieran sobre el suceso. En el informe de Álvarez y López (Gómez de Llarena y Rodríguez Arango, 1950) los datos indican que el meteorito cayó en la calle Real, en la parte SO de Reliegos, a 5,5 m de la fachada de la casa perteneciente a Gregorio Agúndez, marido de Ramira Santa Marta antes citada, haciendo un agujero de 35 cm de profundidad en el suelo formado por tierra fuertemente apisonada y cantos entremezclados. El cráter estaba vertical por un lado, cortada a plomo, en palabras de Ramira, mientras que en el lado opuesto la tierra estaba removida; por esta última parte salió rebotado el meteorito hasta una distancia de 80 cm del cráter. La orientación de estas significativas paredes del cráter difieren en las primeras apreciaciones que manifiestan los vecinos, según unos (Ramira Santa Marta entre ellos) el lado vertical estaba en el E, mientras que según otros (Bonifacio Ferreras de la Mata) estaba en el N. Esta cuestión quedó aparentemente solucionada tras las observaciones de Álvarez y López que hicieron concluir a Gómez de Llarena y Rodríguez Arango que el sentido de la tra-

yectoria fue de NNO a SSE. Álvarez y López proponen además que el ángulo de su contacto con la tierra fue de unos 65°. El ruido provocado por el meteorito a su paso por la atmósfera fue escuchado en Villamarcos como perteneciente a un proyectil de cañón; en Santa Marta, a 5 km al S de Reliegos, y en Villómar, a 4 km al N, donde se oyó como un avión que volaba bajo. Las dimensiones de la muestra recogida en Reliegos fueron de 23 x 10 x 10 cm. Con una cara plana dominante y el resto con las concavidades derivadas de volatilizaciones parciales durante su paso por la atmósfera, aunque sin acanaladuras paralelas que permitieran determinar la posición aerodinámica en su trayectoria durante la fusión superficial. Aunque la forma original no llegó a manos de los que lo estudiaron pues diversos fragmentos fueron ya extraídos por los vecinos de Reliegos. Antes de cortarlo para su estudio el espécimen pesaba 17.300 g (Gómez de Llarena y Rodríguez Arango, 1950).

Mallorca (1935, Mallorca)

Sinonimia: Majorca. Ocurrió la caída el miércoles día 17 de julio de 1935. La hora del fenómeno está indicada en la mayor parte de las referencias como ocurrido a las 11.35, pero tanto Martín Cardoso (1935) como Gómez de Llarena (1938) señala las 11.37 horas. La caída se produjo junto a la carretera de Palma a Manacor, en el punto kilométrico 8. Fue presenciada por un cazador, quien excavó unos 90 cm para llegar a recogerlo. Su peso era de 809 g; a esta pieza se le arrancaron dos esquirlas de 15 g, una de ellas fue enviada al MNCN, junto con una fotografía, por Francisco Navarro Martín, Director del Laboratorio Oceanográfico de Palma de Mallorca. Sobre esta esquirla se realizó el estudio que publicó Gordón Morales (1936), y en donde figura la citada fotografía de todo el meteorito que tiene una bien marcada forma cónica, como consecuencia de los fenómenos aerodinámicos ocurridos durante su paso por la atmósfera terrestre. Desde la guerra civil española (1936-1939) no se sabe dónde se encuentra el ejemplar.

Olmedilla de Alarcón (1929, Cuenca)

Se produjo una caída de meteorito el martes 26 de octubre de 1929, a las 12.30 horas. Antes de caer se oyeron dos o tres detonaciones tan fuertes que

llegaron a ser oídas en Cuenca (a unos 50 km en línea recta). La atmósfera estaba clara y limpia. Algunas de las caídas tuvieron lugar a muy poca distancia de personas que en ese momento estaban labrando la tierra. Los fragmentos encontrados estaban esparcidos en una extensión de unos 7 km de longitud y 3 km de anchura, corriendo aproximadamente en paralelo a la carretera de Madrid a Castellón en su lado norte. Casi toda el área está dentro del término de Olmedilla, a unos 2 km de la villa y una pequeña porción al E dentro del término de Valverdejo. El área está cerca del camino de las Tajadas y en las proximidades del Cubo. En la sesión de marzo de la Real Sociedad Española de Historia Natural de 1929 fue presentado un fragmento del meteorito por Jiménez de Aguilar, quien lo donó al MNCN. A los pocos días fue comisionado por el propio MNCN Royo Gómez para ir al lugar y recolectar otros posibles fragmentos así como obtener el mayor número de datos posible del fenómeno, para lo cual salió de Madrid el 13 de marzo. En Olmedilla ya le esperaban Jiménez Aguilar y las autoridades, previamente advertidas por telegrama del Ministro de la Gobernación para que se le prestara toda la colaboración. Royo consiguió dos nuevos fragmentos (Royo Gómez, 1929).

Ojuelos Altos (1926, Córdoba)

Sinonimia: Fuenteovejuna. A eso de la nueve y media de la mañana del día 10 de diciembre de 1926, y acompañando a la formación de unas nubecillas blancas se oyeron en Ojuelos Altos, con un ruido semejante al de un aeroplano, hasta seis o siete explosiones en orden de intensidad decreciente. Los ruidos debieron durar cerca de un minuto. En el cielo se vio una estela que desde Pozoblanco se observó cómo se iba fraccionando con fuerte luminosidad y se llegaron a ver una o dos porciones de la principal mientras se desplazaban en el cielo. Cerca de donde sería su punto de caída un rebaño de carneros se arremolinó asustado, como si vieran una alimaña. Al poco, el meteorito cayó sobre un terreno de cultivo de cereales. En ese momento se encontraba allí Eduardo García Barba, quien asustado vio como una hozadura de cerdo y una depresión con pasto quemado. Superado el miedo, metió la mano en el hoyo y extrajo el meteorito sintiendo sacudidas pequeñas como las que produce la electricidad; una vez extraído, trató de llevarle en la mano pero nuevas sacudidas y hormigueos le obligaron a

envolverle en la chaqueta para aislarle. Ruidos más o menos fuertes fueron oídos en distintos puntos de la zona a diferentes distancias del lugar de caída: las dehesas de la Aguja y los Hatillos, 12 ó 15 km al SO de Ojuelos Altos; a unos 9 km al este, 4 km al sur de La Posadilla; en la Cardenchoza, 4 km al sur de Ojuelos Altos; en Campos Verdes, al sur de Hornachuelos; en Villaviana, 30 km al SE de Ojuelos Altos; a 60 km al SE, en la Sierra de Córdoba; en Posadas, 44 km al SSE, donde llegaron a oscilar las casas por una de las detonaciones; en Córdoba, donde estaban con niebla, se oyó un fuerte ruido e iluminación; cerca de Córdoba, en el km 12 del camino a Santa María Trasierra, se oyó un estallido espantoso; también fuerte se sintió la explosión en Almodóvar del Río. En Villaviciosa se asustaron las mujeres y los niños. El recorrido con que aparentemente se le vio atravesar el firmamento fue de este a oeste. El ejemplar recogido pesó 5,85 g, con unas dimensiones de 14, 14, 19, 12 y 14 cm, según diferentes secciones. Su densidad, según los cálculos realizados por González Martí del Laboratorio de la Universidad de Madrid, es de 3,54 g/cm³. El orificio que formó en su caída era de dirección casi vertical, con unos 35 cm de profundo y dimensiones equivalentes a las del meteorito. Al chocar con el suelo, éste rompió una piedra de diabasa de las que se encuentran tan abundantes en el terreno de la zona. Tan pronto como se tuvo noticia, el Director del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Ignacio Bolívar, comisionó a Lucas Fernández Navarro para que fuera al lugar e hiciera todas las averiguaciones posibles sobre el fenómeno, así como las gestiones necesarias para traer al Museo el ejemplar, cuestión que resultó algo complicada según sus propias palabras por cuanto otra institución, la Real Academia de Ciencias de Córdoba, tenía el deseo bien explicable de conservar dicho ejemplar entre sus colecciones regionales. Fue necesario la mediación del Gobernador de Córdoba, Cabello Lapiedra, y del Alcalde de Fuente Obejuna, Manuel Camacho, y de órdenes telegráficas del Ministro de la Gobernación, para que, finalmente, se llegara a la solución de llevarla allí donde se estaban depositando la mayor parte de los meteoritos españoles: el Museo Nacional de Ciencias Naturales. Fernández Navarro (1929) destaca que el oponente de dicha idea, Antonio Carbonell, en cuyo poder estaba el meteorito, mostró su gran talla de hombre de ciencia, pues cuando en plena discusión alguien propuso romper el ejemplar y así repartirlo, él expresó su total oposición, prefiriendo que el meteorito se conservara

íntegro en el Museo de Madrid. Una relación bibliográfica completa y la elíptica de los fenómenos sónicos que la acompañaron puede verse en Martín Escorza (2002).

Olivenza (1924, Badajoz)

A las 09.00 hora oficial del jueves 19 de junio de 1924, según la generalidad de los observadores probablemente entrevistados por Ricardo Carapeto, antiguo discípulo de Fernández Navarro a quien le transmitió esa valiosa información (Fernández Navarro, 1924), o a las 09.35 h (Risco, 1924) según el capitán encargado del Depósito de caballos sementales de Olivenza que fijó en esa hora el suceso (Fernández Navarro, 1925a), o a las 08.00 sin especificar si es Solar u Oficial según Fernández Navarro (1925b) del jueves de Corpus Christi, 19 de junio de 1924, numerosas personas desde distintos lugares (Badajoz, Montijo, Talavera, Mérida, etc.), vieron una nube blanca muy alargada de forma cónica como la cola de un cometa. El fenómeno iba acompañado de fuertes detonaciones sobre un ruido constante que calificaron como el chirriar de un grueso portón metálico al traqueteo irregular de una ametralladora. Aunque en su primera nota Fernández Navarro (1924) dijo, recogiendo las informaciones de los testigos, que el meteorito provenía de NO a SE, quizá el haber conocido nuevos lugares de caídas le permitió señalar más tarde (Fernández Navarro, 1925a, b) que la trayectoria presentaba un recorrido según una estrecha banda de 2 km de longitud con dirección NNE-SSO, coincidiendo con la señalada desde el principio por Antonio Chorot, catedrático del Instituto de Badajoz. En Jerez de los Caballeros, a unos 50 km al SE de Olivenza, describieron el fenómeno como un globo de fuego que corría de E a O. En Almodóvar del Campo (Ciudad Real) dijeron que su trayectoria era de norte hacia el oeste. El ruido fue oído en Badajoz, Mérida, Albuena, Labón, Burguillos, Montijo y Villarreal, todos ellos de la provincia de Badajoz; en Morón y Ecija (prov. de Sevilla); en Talavera de la Reina (Toledo), y en Elvas, Potalegre, Campo Maior, Vila Fernando, Cabeçao, Barba, Redondo y Castello de Vide (Portugal). En la finca El Lemus, situada a unos 2 km al O de Olivenza y propiedad de Enrique Rodríguez Bordallo, se encontraban a esa hora en el campo los cuatro hermanos Pacheco Cordero recogiendo guisantes. Uno de ellos, María, de 17 años, contó que estaban ocu-

pados en esa faena cuando oyeron tres fuertes detonaciones, entonces levantaron la mirada y vieron que hacia ellos se dirigía una gran masa ardiendo y envuelta en humo blanco. Venía derecho hacia los cuatro hermanos, pero ya muy cerca de ellos hizo un extraño giro, al que atribuyeron haber salvado la vida, que desvió su trayectoria hasta caer a cinco metros de donde ellos se encontraban. Durante algún tiempo los cuatro hermanos quedaron inmóviles, aterrados. El meteorito impactó con el terreno de arcillas rojas, rompió una raíz de olivo de 3 ó 4 cm de diámetro, se formó un cráter en la tierra y él mismo se rompió por tres fracturas concurrentes dejando además pequeños trozos alrededor del cráter. Todo ello produjo una gran polvareda. Cuando repuestos del susto se acercaron y tocaron la piedra ya estaba fría, sobre todo en su parte interna al descubierto por las roturas. En total, era una masa entre los 60 y 70 kg (Fernández Navarro, 1924, 1925a). El cráter formado medía medio metro de diámetro y aproximadamente otro tanto de profundidad, señalándose, curiosamente, un contorno ligeramente cuadrangular. Fue visto por Lucas Fernández Navarro, que pocos días después visitó el lugar comisionado por la Facultad de Ciencias de Madrid para estudiar el fenómeno, pero para entonces ya estaba el sitio muy pisoteado por los visitantes y la piedra meteorítica había sido extraída de allí, por lo que ya se habían alterado las circunstancias originales de caída.

Colomera (1912, Granada)

(Meteorito Hallado) Sinonimia: Granada. Por los años 1930 el alumno Julio Mateos, de la Facultad de Químicas de la Universidad de Granada, para hacer prácticas de análisis llevó unos trozos pequeños arrancados de una masa rocosa con aspecto metálico. Según análisis anteriores parecía tratarse de un hierro con bastante vanadio, pero en el desarrollo de esas prácticas sus profesores se dieron cuenta de que dichas muestras eran de un hierro con bastante níquel, algún cobalto y nada de vanadio, llevándoles a la conclusión de que se trataba de fragmentos de un meteorito (Dorronsoro y Moreno García, 1934). Ante tal consideración se hicieron las gestiones para que se enviara a dicha Facultad la masa de procedencia de tales muestras. Por las referencias obtenidas entonces, se supo que el meteorito fue hallado en 1912 en el pueblo de Colomera (Granada) donde se hallaba enterrado a un metro de profundidad en el centro del pequeño patio o corral

adjunto a una casa. Los profesores citados hicieron un estudio del meteorito y después lo donaron al MNCN; según consta en un documento mecanografiado (Archivo, MNCN) que dice: «Se ha recibido en este Museo Nacional de Ciencias Naturales, por mediación de D. José Dorronsoro, Catedrático de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Granada, un ejemplar de meteorito de 134 kg aproximadamente, propiedad de D. Antonio Pontes Vilches, practicante y vecino de Almuñécar (Granada) que lo cede en calidad de depósito a este Museo, pero siempre a disposición de su dueño que podrá retirarlo cuando lo estime conveniente». El documento está firmado por Ignacio Bolívar, Director entonces del MNCN. Su dueño nunca retiró este preciado ejemplar que es uno de los meteoritos más singulares y más estudiados.

Garraf (1905, Barcelona)

(Meteorito «hallado») Sinonimia: Costa de Garraf; Sitges, El Garraf. En 1905 fue encontrado por un mozo que por encargo de Manuel Gibert y Miret, de Sitges, recorría la costa buscando minerales. Lo halló en una viña entre Falconera y la casa de Garraf. Estaba hundido en el suelo y le pareció ser de hierro, así que separó un trozo que entregó al Hermano Claudio, del Colegio Comercial de la Bonanova, a través del cual llegó a Font y Sagué, quien lo reconoció como un meteorito y puso desde entonces especial interés en encontrarlo, cosa que se hizo, reconociéndose en él una superficie de fractura que indicaba que era una parte de lo que durante la caída fue fragmentándose el bólido. El peso total recuperado fue de 8.791 g distribuidos en una pieza principal y otros dos pequeños fragmentos. Font y Sagué hizo ver un fragmento de este meteorito a los asistentes a la Sesión de la Real Sociedad de Historia Natural celebrada en Madrid el día 8 de noviembre de 1905. El ejemplar mayor fue fraccionado en múltiples piezas, la mayor parte de las cuales fueron entregadas por el mismo Font y Sagué a sus numerosos alumnos del curso de Geología en el Centro Excursionista de Cataluña (Keil *et al.*, 1986).

Gerona (1899, Gerona)

(Meteorito «hallado») Sinonimia: La Pólvora, Fuente de la Polvora, Girona. En 1899, Manuel Cazorro, Catedrático de Instituto de Gerona, duran-

te uno de sus paseos por los alrededores de la ciudad, encontró en el lugar conocido como La Pólvo-ra, este meteorito que rápidamente identificó como tal y lo envió a Ignacio Bolívar para ser conservado en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (Calderón y Rodríguez Mourelo, 1900).

Quesa (1898, Valencia)

Sinonimia: Enguera. En Quesa a esa misma hora y día (lunes 1 de agosto de 1898, 21.00 horas) vieron una brillante ráfaga y al desaparecer oyeron dos fuertes y simultáneas detonaciones, parecidas a cañonazos, y luego un breve rumor como de una tormenta. Algunos pastores que fueron testigos cercanos del fenómeno atribuyeron el ruido a un rayo, si bien les extrañaba, pues el cielo estaba despejado. Al desaparecer la luz de la ráfaga vieron cómo se formaba una nube blanquecina y percibieron también un ruido como en dirección norte. E. Boscá, Médico y Catedrático de Historia Natural de la Universidad de Valencia, se encontraba en la puerta de una alquería del Cabañal junto con otras personas cuando en ese momento vieron cruzar el espacio una brillantísima ráfaga de luz en dirección NE-SO, dejando tras de sí una estela luminosa hasta que repentinamente desapareció. Al día siguiente les llamó la atención a los vecinos una piedra negra de 10.370 g de peso y densidad extraordinaria que había caído en tierras colindantes con las del término de Budilla. El médico de la zona, E. Marín, visitó el lugar el día 7 y pudo ver el hoyo que había producido el impacto, un agujero de 0,5 m de diámetro y 0,40 m de profundidad, en dirección oblicua al suelo horizontal, señalado inequívocamente por el arrastre de la tierra que produjo. Marín, valorando la importancia del fenómeno, dispuso que el artista García hiciera unas fotografías y obtuviera algunos vaciados en yeso del ejemplar. Los vecinos conocedores de sus aficiones le entregaron el meteorito. Toda esta información se la ofreció el mismo E. Marín a su amigo E. Boscá, quien hizo públicos todos estos hechos a través de una nota que envió a la Sociedad de Historia Natural (Boscá, 1899), junto con tres fotografías, se supone que de las obtenidas por García, aunque éstas no fueron publicadas. Se puede deducir, por lo que dice Calderón y Arana (1899), que dichas fotografías, junto con pequeños ejemplares de este meteorito, las debió enviar él mismo a Cohen, para que fuera éste quien lo estudiara, como así ocurrió.

Madrid (1896, Madrid)

Es uno de los impactos que ha tenido más eco social. El suceso se produjo a las 9 horas, 29 minutos, 30 segundos del lunes día 10 de febrero de 1896, hallándose el cielo completamente despejado, y encalmado el aire como refiere la *Gaceta de Madrid* (GM, 1896a). La población tuvo conocimiento de lo que sucedió porque entonces se produjo un vivo relámpago de luz blanca azulada (Calderón y Arana, 1896) o quizá rojiza (Bonilla, 1896) que iluminó intensamente a toda la ciudad de Madrid. Este resplandor intenso se vio desde Mallorca y la costa Mediterránea hasta Badajoz y desde Guipúzcoa hasta Jaén y fue muy intenso en las provincias de Madrid, Guadalajara, Cuenca, Toledo, Ciudad Real, Albacete, con apenas intensidad en Segovia, Salamanca, Zamora, León y Valladolid, y no se observó en el N y NO de la península (Merino, 1896a, b). Un minuto y algunos segundos después (Calderón y Arana, 1896), un minuto y treinta segundos (GM, 1896) o 65 segundos (Bonilla, 1896) se oyó en toda la ciudad una explosión formidable que hizo retemblar hasta los edificios más sólidos. El estampido fue sordo e intenso, seguido de otros ruidos mucho menos fuertes, semejantes al que produciría una bala de cañón al rodar por el piso de una casa (Arcimis, 1896); también duró largo tiempo, al menos dos minutos, mientras tanto la trepidación de las puertas, vidrieras y tabiques era extraordinaria. Hacia el SO se pudo ver entonces una nube, originada por el meteorito con una forma semicircular con la convexidad hacia el E (Bonilla, 1896; Calderón y Arana, 1896). Un aficionado realizó una fotografía de dicha nube que Calderón, en nombre de Macpherson, presentó a la Sociedad Española de Historia Natural (Macpherson, 1896) y que fue publicada por Arcimis (1896). Según GM (1896) la nubecilla que se describe con aspecto pavoroso, se encontraba al este del meridiano del Observatorio, lo cual, aunque contradice a Calderón y Arana (*op. cit.*) en su localización, hace más verosímil la descripción de dicho autor acerca de que la nube tenía sus bordes irisados por efecto de la luz del Sol. En el centro presentaba una condensación de un color rojizo, similar al de las nubes en un atardecer (Arcimis, 1896). Según el Instituto Central Meteorológico, la explosión habría ocurrido a 24 km de Madrid (Castro, 1896); según Íñiguez (Bonilla, 1896), con datos del arquitecto Pastells de Alcalá de Henares, se habría dado a una altura de 33 km y una distancia

horizontal de 20 km; Calderón y Arana (1896) señaló una distancia entre 25 y 30 km de Madrid. Es imposible dar idea exacta del efecto causado en las personas que transitaban por las calles de Madrid. Mientras muchos, cegados por el resplandor que se produjo al estallar el bólido se metían en los portales y en las tiendas, otros, aterrados por el tronido espantoso y por el retemblar de los edificios, salían de sus habitaciones. Más detalles sobre el meteorito de Madrid están descritos en Solano y Eulate (1896) y Gredilla y Gauna (1986a, b; 1987) y el mapa de las caídas en Alcalá & Martín Escorza (1996).

Los Martínez (1894, Murcia)

Sinonimia: Cervera, Corbera, Corvera. Caído en mayo de 1894. No se conocen más datos. El MNCN adquirió este ejemplar por compra, pero tanto Faura y Sans (1922a), como Pérez Mateos (1954) tienen reserva respecto a su autenticidad de fecha de caída y creen que se trata de un fragmento de otro meteorito que Faura dice puede ser el de Cabezo de Mayo, 1870.

Guareña (Badajoz, 1892)

Las informaciones sobre este suceso aparecieron publicadas en el periódico *El Liberal* de Madrid y fueron transcritas por Gredilla (1892) cuando ya se encontraba a punto de sacar su *Monografía sobre meteoritos*; también relatan el hecho Calderón y Arana (1892); Calderón y Arana y Quiroga (1893). En todos ellos se recogen los hechos fundamentales, pero la relación de hechos ha sido ampliada exhaustivamente en las indagaciones efectuadas recientemente por la Asociación Astronómica de Guareña Kepler que ha publicado esos resultados en su propio Boletín n.º 5 (1969). El miércoles 20 de julio de 1892, entre las 10.00 y las 11.00 horas, el cielo estaba completamente despejado en la zona. Entre las diez y las once horas un ruido intenso sobrecogió al pueblo de Guareña, después se oyeron tres detonaciones, la primera fue la más fuerte y decreciendo, la última la más débil. Francisco Gutiérrez estaba encargado de la bodega de vinos de Francisco Regalado Cortés que está situada a unos 5.400 m al noroeste de Guareña; allí los ruidos se oyeron con tal intensidad que creyeron que una montaña se derrumbaba sobre sus cabezas. Un meteorito chocaba violentamente en el suelo a unos

50 m de donde se encontraba, en las traseras del edificio, levantando, por el impacto, una densa nube de polvo. El choque se produjo en una planicie de arenas lavadas blancas a unos 100 m de la bodega, que se encuentra emplazada en el lugar conocido como Cañada de Abajo. Los que presenciaron el suceso se asustaron, pero una vez repuestos se dirigieron al lugar y vieron un agujero de aproximadamente un metro de diámetro y de unos 75 cm de profundidad, en cuyo interior asomaba la parte superior de un meteorito la mayor parte del cual estaba cubierto por la arena removida. Esto mismo vio el agricultor Francisco Moreno que junto con otros dos braceros se encontraban a unos 400 pasos del punto de caída y que contó cómo, aterrorizados, se tiraron al suelo cuando sintieron aproximarse la ráfaga de humo que acompañaba la caída del meteorito. Otras personas que se encontraban en la zona aseguraron después haber visto y oído las mismas cosas. Una vez todos allí reunidos en el cráter y repuestos del susto, extrajeron la piedra que pesaba dos arrobas y quince libras, es decir unos 32 kg. El meteorito fue llevado a Guareña, haciéndose cargo de él el cura párroco. En aquel entonces había allí dos párrocos, Francisco Pardo Amador y Prudencio González Parras, y todavía está por conocerse a cuál de los dos fue a parar el meteorito. Cualquiera que fuese lo llevó a su casa a donde acudió mucha gente para observarlo. Entre los visitantes, y a eso de las 21, se acercó a verlo el licenciado Juan J. Borrallo, coincidiendo allí con José Durán, teniente de alcalde de Guareña, y con Miguel Durán, hermano del anterior. En esa tertulia se comentó que algo similar a lo acontecido le había ocurrido también a Francisco García, un labrador que por la mañana se encontraba trabajando en otro lugar del término; por lo que decidieron salir al día siguiente a ese nuevo punto. En efecto, de madrugada el médico Borrallo y los hermanos Durán, acompañados de un agente del orden público que conocía bien la zona, fueron a explorar el área de la Charca de la Dehesa, como les indicó F. García. Después de dar algunas vueltas, encontraron otro meteorito que pesaba 7,2 kg sobre un terreno bien labrado y cubierto de rastrojo seco de trigo que había estado sembrado, a 2,8 km al N de Guareña y a 3,5 km al E de la otra caída; el impacto seccionó limpiamente una linde, haciendo un agujero de 30 cm, del cual rebotó hasta una distancia de unos metros. Por acuerdo, toda esta nueva pieza se exhibió durante cuatro días en el Ayuntamiento de Guareña. Borrallo creyó que ambas piezas eran parte de una mayor y parece que lo confir-

mó, pues al reunir las observó que se adaptaban una a otra en su forma, dimensiones y ángulos entrantes y salientes. El párroco donó el meteorito de mayor tamaño al entonces presidente del Gobierno, Antonio Cánovas del Castillo. La Comisión de Monumentos de Badajoz, haciéndose sensible a varias peticiones, decidió fraccionar el meteorito del que disponía. Las peticiones le fueron formuladas por Salvador Calderón, entonces catedrático en Sevilla; el Gabinete de Historia Natural, predecesor del MNCN, de Madrid, y Enrique Iglesias, profesor de química del Instituto de Badajoz. Así que la intención fue sacar tres pequeños fragmentos, uno para cada uno de ellos. Pero para hacerlo, se tropezó con diversas dificultades y se decidió reclamar, para ello, los servicios del armero de la ciudad de Badajoz, Antonio Gutiérrez Mora, quien tampoco pudo conseguirlo con limas y cinceles; por lo que, finalmente, se intentó partirlo a golpe de martillo.

Roda (1871, Huesca)

Sinónimo: Huesca. Sólo se sabe que cayó en la primavera de 1871, quizá en el mes de marzo. Cayó a unos 2 km de la actual villa de La Puebla de Roda (Huesca). Se recogieron dos fragmentos que pesaron 200 g, pero por la relación de la noticia (por ejemplo en: Faura y Sans, 1922b) no se puede determinar si ese peso era en total o de cada uno de ellos; los diferentes autores hablan de dos piezas pero Graham *et al.* (1985) señalan que fue una sola pieza de 400 g.

Cabezo de Mayo (1870, Murcia)

Sinonimia: Murcia, Cabeza de Mayo, Cabezo de Mayo. Caída de un meteorito el 18 de agosto de 1870, entre las 6.30 y las 7.00 horas en el citado lugar. El grueso del relato de lo sucedido se lo debemos al interés que sobre este asunto se tomó Juan de Velasco, militar Jefe de Estado Mayor, quien visitó el área al día siguiente y que elaboró un pequeño informe que envió a Olayo Díaz, director del Observatorio Meteorológico de Murcia; éste, a su vez, se lo hizo llegar a un amigo periodista de iniciales, F.N.G., quien lo reprodujo en la revista *El Tiempo de Ciencias e Industria* (Velasco, 1870). A esas horas de ese día la atmósfera estaba clara y transparente sobre el campo de Murcia, sólo algunas nubecillas esporádicas alteraban el azul del cielo, cuando de repente se oyó un gran estampido

seguido de otro no menos fuerte y seco, continuando por un minuto un prolongado rumor semejante al paso de un tren por un puente de hierro. Otros las definieron como descargas de artillería, y en efecto, asustaron a la población y alarmaron a las autoridades que se cruzaron despachos telegráficos para asegurarse de que el orden ciudadano no se había alterado en Murcia ni en Cartagena. Desde orillas del Mar Menor pareció que todo eso había sucedido en dirección a los lugares que se conocen con el nombre de Pacheco y Los Martínez, es decir hacia el NO. A las detonaciones les sucedieron inmediatamente ráfagas luminosas semejantes a haces de mies que descendían a la tierra. Y es que se produjo entonces una lluvia de cuerpos parecidos a tortas procedentes de una sola masa. Uno de esos fragmentos se hundió en el suelo como media cuarta, levantando tanta tierra que dejó cubierto con ella a un perro que se hallaba próximo, tal como informó un testigo con apellido Vidal, propietario murciano, por cuya mediación el MNCN adquirió un fragmento de aerolito. Uno de los aerolitos cayó en Los Carriones, a unos 100 m de unas casas, abriendo en unos rastros un hoyo de 30-35 cm de profundidad por unos 40 cm de diámetro en su boca; cayó a unos 30 pasos de un muchacho de 14 años. Otro espectador del suceso, un hombre de 40 años que se encontraba cercano a las casas, vio cómo la piedra, después de caer, rebotó, volviendo a caer a un metro del agujero abierto originalmente. Ambos testigos, asustados, se refugiaron en el interior de las casas de donde, pasado un rato, salieron y fueron al lugar de la caída y recogieron el meteorito. Éste se encontraba todavía con una temperatura bastante alta, aunque soportable por las manos. A pesar de los ruegos y súplicas que Juan de Velasco hizo para que el dueño del ejemplar se lo diera o vendiera no pudo conseguir más que le dejara arrancar un fragmento de 1.200 g de lo que debía ser una masa total de unos 11 o 12 kg. La piedra tenía un diámetro medio de 25 cm, con costra y remaglifos. Su interior era de color gris ceniciento, distinguiéndose pequeños cristales negros y puntitos muy brillantes. En Los Muros, en un caserío a 2 ó 3 km al NE de Los Martínez, había caído una pieza aún mayor, que al chocar con el suelo duro y resistente se fraccionó en varios trozos, el mayor de los cuales pesaba más de 25 kg. En Ventas de Mendoza se contaba que el mismo día de la caída había pasado un carretero que llevaba otro fragmento del meteorito y que dijo haber caído tan cerca de una de sus mulas que estuvo a punto de matarla. En la casa existente, al

menos entonces, entre las Ventas de Mendoza y Ginenado, un pastor dijo que había visto caer algunas piedras. El labrador que entonces vivía en la casa y sus dos hijas de 20 y 18 años, aseguraron a Velasco haber visto caer 2 piedras en bancales inmediatos a la casa y que ambos impactos habían levantado una gran polvareda. Se asustaron y de inmediato se metieron a refugiarse a la casa; al cabo de un cierto tiempo fueron ellas mismas a tratar de recoger las piedras pero no las pudieron encontrar. El mayor de todos estos fragmentos cayó al NE de los demás, por ello Solano y Eulate (1872) dedujo que el fenómeno lo había producido una masa meteorítica que procedía del SO y se dirigía hacia el NE. El mapa de la caída existente en el MNCN se envió el 5 de mayo de 1871 por Juan de Velasco y está publicado en Alcalá y Martín Escorza (2000).

Cangas de Onís (1866, Asturias)

Sinonimia: Oviedo, Elgueras, Holgueras. La mañana del 6 de diciembre de 1866 estaba lúcida y soleada en Asturias. Entre las diez y media y las once horas los habitantes de Cangas de Onís y de las aldeas circundantes en un radio de 2 a 4 km oyeron un ruido proveniente del cielo parecido al de una locomotora. Los que pudieron dirigieron su mirada el cielo donde vieron con toda nitidez cómo una nube blanquecina se venía rápidamente hacia ellos desde el Norte, arrojando chispas, es decir piezas de meteoritos, que cayeron al suelo. Las que impactaron cerca de lugares habitados fueron recogidas rápidamente y algunas de ellas estaban todavía calientes. Manuel González Rubín, que se encontraba en el interior de su farmacia de Cangas de Onís, no escuchó ningún ruido y es que parece que se oyeron más intensamente en varios puntos distantes de Cangas que en la misma villa. Parece inferirse también que en el trayecto de descenso el meteoro fue de norte a sur, dejando caer diversas piezas sobre otros tantos lugares a lo largo de su recorrido. A través del seguimiento del suceso que hizo el farmacéutico citado, es posible saber que cayeron diversos trozos en Olicio, Villa, Parda, Hortigosa y Canaliegos, todos ellos pertenecientes a la parroquia de San Martín de Margolles. En estos lugares diversos vecinos habían recogido pequeños ejemplares, el que más, de un cuarterón hasta un total de 16 (carta de 20 de diciembre de 1866), en Luanco (1874) con pesos entre los 920 a 115 g; uno de ellos era una pieza del tamaño de una naranja

que había tronchado una rama gruesa de higuera. Por otra parte, al tenerse noticia del suceso en Oviedo, el catedrático de Historia Natural de la Universidad, León Salmean, entonces también Rector, escribió recabando información a sus amigos y vecinos de Cangas de Onís, Antonio Cortés, al citado farmacéutico y a su hermano José González Rubín. Las cartas con que le respondieron, y que se hallan transcritas en Luanco (1874), son el medio a través del cual se han podido conocer muchos de los detalles de esta caída. Los detalles y el mapa elaborado con todos ellos de la distribución de las caídas pueden verse en Martín Escorza *et al.* (1999).

Sevilla (1862, Sevilla)

La descripción de los hechos fue realizada por Antonio Machado Núñez (1863). Según su relato, en esa mañana del 1 de noviembre de 1862 el tiempo en Sevilla era sereno y apacible. A las 11.15 horas se advirtió un fuerte ruido semejante al de un trueno, o a la descarga de un cañón de gruesa artillería, perceptible en los pueblos colindantes, como Santiponce, Castilleja, y en el mismo Sevilla. Con mayor intensidad se oyeron estos ruidos en Ginés y Valencina, a 6 km de la ciudad. En todos los lugares, multitud de personas dirigieron sus miradas al punto de donde procedía el ruido y una de ellas, José Rodríguez que estaba trabajando en el campo, notó la caída de un objeto en el terreno, que era un olivar denominado La Cuadra, propiedad del Príncipe de Anglona, situado entre los pueblos de Valencina y Ginés. El meteorito hizo un agujero de más de diez pulgadas en el suelo, por lo que a José Rodríguez le costó un tiempo encontrarlo y cuando lo extrajo conservaba aún una temperatura alta. Todo ello lo comunicó a varias personas de La Rinconada, una de las cuales, a su vez, se lo transmitió a Antonio Machado Núñez, que se puso en contacto con el poseedor de la pieza, quien se la entregó y le dio los detalles que se han descrito.

Cañellas (1861, Barcelona)

Sinonimia: Cañellas, Barcelona, Caneylls, Villanova de Sitjes, Villanova, Villa Nueva, Canellas. El día de caída fue el 14 de mayo de 1861 a las 13.30 horas. Teodoro Creus firma una nota que acompañaba al fragmento que fue donado al Museo de Geología de Barcelona por su hijo Manuel Creus Esther. Se

trata de un fragmento caído en el término de Caneylles, partido de Vilanova y Geltrú, estando completamente despejado. Hizo el sonido de un cañonazo, seguido de algunos tiros de fusil. Estuvo acompañada de una nubecilla blanca. Según refería el *Diario de Barcelona* del 17 de mayo la detonación se oyó también en Villanueva y Lloréns. Los aerolitos penetraron tan profundamente en el suelo que sólo se pudieron recoger aquellos fragmentos que cayeron sobre rocas duras. Fueron recogidos por los campesinos del lugar, quienes las consideraron, por venirles del cielo, como de buen augurio, por lo que costó mucho trabajo convencerles para que, en bien de la ciencia, se desprendieran de ellas (Paluzié Borrell, 1951).

Molina de Segura (1858, Murcia)

Sinonimia: Murcia, Murcia 1858. En los catálogos se denomina como «Molina» y corresponde al actual Molina de Segura (Murcia). En el MNCN se dispone de la información que de su caída, ocurrida el 24 de diciembre de 1858 a las 2.45 horas suministró Rafael Martínez-Fortún (MNCN, Archivo, Doc. 169). Según dicha información, en ese día y hora, se oyó de repente un gran ruido parecido al que produce la electricidad en las nubes, y las personas que estaban en las calles, en los caminos y en los campos, vieron aparecer un magnífico globo de fuego de una brillantez extraordinaria y deslumbradora que ostentando los colores del arco iris oscurecía la luz de la luna y descendió majestuosamente desde las regiones aéreas, atravesando nuestro horizonte en dirección oblicua del Mediodía a Norte, el cual pasó por encima de esta ciudad a tan poca distancia de la torre de la Catedral, que los que en ella la observaron creyeron que iba a tocar en la linterna de dicha torre, pero no sucedió así. Sino que recorrió unas tres leguas más salvando esta ciudad y su término y fue a caer en una hacienda. El impacto sobre el terreno produjo un sacudimiento y vibración en la tierra tan fuerte que se llegó a sentir no sólo en las inmediaciones de aquel punto, sino también en esta ciudad a cuyo ruido y sacudida despertaron muchas personas de las que se hallaban durmiendo y todas, excepto las que observaron el fenómeno al aire libre, creyeron que era una de esas tormentas tan frecuentes en esta localidad llenándoles de terror. Los vecinos que concurrieron al sitio, quedaron todos confusos sin saber quién podría haber producido aquello ni con qué objeto, puesto que tampoco se notaban alrededor huellas de personas

ni animales y tampoco existía señal alguna de corte de azada ni otra herramienta: escarbaron un poco entre la tierra y no encontrando cosa alguna por entonces lo olvidaron completamente; más tarde segando la cebada, a uno de los segadores le llamó también la atención el hoyo aquel y escarbando con la hoz tocó ésta con un cuerpo duro y resistente, lo que comunicó a sus compañeros y al labrador y acudiendo todos y escarbando en aquel punto a una vara de profundidad encontraron una piedra de figura cuadrangular, color negruzco y de un peso extraordinario comparado con su volumen, pues tenía diez arrobas y quince libras, lo cual unido a que no se parece a piedra alguna de las que ellos habían visto hasta entonces en aquellos alrededores ni en otra parte les llamó sobremanera la atención, quitándole uno de ellos un pedazo de uno de sus ángulos con un golpe que le dio con una maza de hierro.

Oviedo (1856, Oviedo)

La caída tuvo lugar el día 5 de agosto de 1856, entre las 7.30 y las 18.00 horas. En ese día Oviedo había estado cubierto de nubes. Entre las 5 y media y las 6 de la tarde se oyó en toda la ciudad de Oviedo y en un radio de más de 4 leguas, un ruido terrible y extraño proveniente de la atmósfera. Unos creyeron que eran descargas de fusilería, otros pruebas de cañón y los menos, ruidos de ferrocarril. El personal universitario, así como su Rector aseguraron haber oído como cuatro o cinco descargas de cañón de grueso calibre a las que sucedió un ruido algo más intenso al de los truenos ordinarios (Luanco, 1867). Pero no fue hasta el día siguiente cuando la ciudad se percató de que en realidad había sucedido un fenómeno meteorítico. Entonces, Luis Pérez Mínguez, Catedrático de Historia Natural de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Oviedo, y otros compañeros se dedicaron a indagar en la ciudad y a las pocas horas consiguieron reunir en el gabinete de Historia Natural 3 meteoritos caídos el día anterior. Pérez Mínguez a los pocos días del suceso llegó a elaborar una Memoria cuyos pormenores recogidos por Luanco son los que permiten conocer lo sucedido. Algunos vecinos de Cadrana y Cadellada aseguraron haber visto caer piedras en Ventanilles, a más de 2 leguas de Fozanelde. Estos mismos vecinos aseguraron también que cayeron piedras en Hevia. Además de los lugares ya citados donde vieron la caída de algunos fragmentos, en Barco de Soto, a una legua al sur de Oviedo, dijeron

haber oído en toda la tarde de ese día algunos truenos extraños. Se sabe de tres fragmentos recogidos, el mayor del tamaño de un huevo de gallina, pesaba 105 g, no da el peso del intermedio, y el menor, del tamaño de un huevo de paloma, cuyo peso era de 50 g. Una detallada secuencia de lo sucedido puede verse en Ordaz *et al.* (1998, 1999).

Nulles (1851, Tarragona)

Sinonimia: Tarragona, Brafim, Vilabella. En ese miércoles 5 de noviembre de 1851, en Nulles, el aire estaba en calma y en el cielo sólo había algunas nubes en la parte NO. Hacia las 17.30 horas y en el levante se vio aparecer un globo luminoso centelleante, que por instantes iba haciéndose mayor y tomaba la dirección SO dejando tras de sí una larga cola luminosa que tardaría unos 20 minutos en disiparse. Después se oyó una terrible detonación que duró cuarenta segundos, produciendo una alarma general en la población que hizo salir a las gentes a la calle. Cayeron varias piedras, pero la principal lo hizo en un campo del pueblo de Nulles y pesaba 19 libras y 8 onzas (aprox. 9.046 g). En los pueblos de Vilabella y Brafim cayeron innumerables fragmentos de 1 hasta 5 libras. La piedra cayó en un campo de labor a unos dos metros de distancia a una senda que conducía a una fuente por la cual pasaba una joven con dos cántaros de agua; azorada ésta al ver descender aquella masa candente tan impetuosa corrió hacia su casa y luego al cabo de un rato volvió por curiosidad para reconocer en aquel campo que es lo que había caído. Se había hundido por la punta en un hoyo de cerca de dos palmos de profundidad, y cuando la recogió estaba aún caliente y la cubrió con su delantal de ropa gruesa porque no se podía tocar con las manos. Las autoridades de Tarragona enviaron un ejemplar a Madrid. De los otros pueblos se pudo recoger dos ejemplares: uno entero de 690 g, con forma irregular, y otro fragmento de 105 g, y pudo ver algunos otros, encontrando en todos ellos una admirable conformidad. Más detalles en Faura y Sans (1922a) y Martínez-Frías *et al.* (1989b).

Barea (1842, La Rioja)

Sinonimia: aunque Graham *et al.*, 1985 consideran Barea como sinonimia de Barea, lo cierto es que su nombre actual es el de Barea. Cayó un meteorito el día 4 de julio de 1842 (Faura y Sans, 1922a).

Berlanguillas (1811, Burgos)

Sinonimia: Berlanga de Duero, Burgos. El general francés Dorsenne (1811) relata que el día 8 de julio del año 1811, a las 20 horas y con un cielo despejado en Berlanguillas en la carretera de Aranda de Duero a Roa, se oyó una detonación semejante a la de un disparo de cañón seguida de otras tres más y de una cuarta, todo ello por espacio de un minuto. Varios labradores quedaron sorprendidos e inmóviles antes de que vieran caer algo que levantó un torbellino de polvo. Un gato que se encontraba con ellos se puso a corretear alrededor del punto de caída hasta que fueron ellos y sacaron desde una profundidad de unos ocho pies una pieza que estaba todavía impregnada de tierra caliente y enrojecida. Cayeron tres piedras, una de 2.750 g (Graham *et al.*, 1985; Chladni, 1819). Los ruidos los oyeron también desde el fuerte de Cachabón, a unas siete leguas en línea recta del lugar de la caída. El comandante de la plaza de Aranda de Duero envió a Dorsenne dos ejemplares. Finalmente, el meteorito fue donado al Museo del Jardín de Plantas de París, por Dorsenne. Aunque Graham *et al.* (1985) recogen el topónimo de Berlanguillas como en efecto fue escrito originalmente por Dorsenne, lo cierto es que ese término no existe en la actualidad. La línea que une las villas de Roa (al W) y Aranda de Duero es casi la misma alineación que sigue el curso del río Duero y la carretera. Las separa 14 km, y a 4 km de Roa se halla Berlanga de Roa, que a mediados del siglo XIX se conocía como Berlangas (Madoz, 1846) así que cabe suponer que Berlanguillas es el actual Berlanga de Roa, como ya supuso Faura y Sans (1922a) y recoge también Paluzié Borrell (1951).

Sena (1773, Huesca)

Sinónimos: Sigena, Sixena, Villanueva de Sigena, Sarinena. En el Archivo histórico del MNCN se encuentra depositado un conjunto de documentos que hacen referencia al fenómeno ocurrido en esa fecha (MNCN, Archivo, Carpeta 169), algunos de los cuales ya fueron transcritos y publicados por Jimeno (1901a,b). En ese día y hora, y sin aparato de tempestad en la huerta de Sena, lugar del territorio de Sixena, se oyó por tres veces un ruido extraordinario. Después cayó una piedra de nueve libras y una onza de peso en las inmediaciones de dos hombres que se encontraban trabajando en sus tierras. El impacto sobre el terreno produjo un hoyo de no

mucha profundidad, de donde rebotó saliendo del mismo cayendo sobre el suelo a corta distancia. La tierra era propiedad de Francisco González, contigua a la de Manuel Calvo, y ambos se encontraban en esos momentos comiendo. La caída les produjo un buen susto. Después de ese primer desconcierto uno de ellos, Manuel Calvo, se acercó al punto de caída, aunque le retrajo el olor fétido que sintió; esperó un tiempo y de nuevo se acercó y tocó al meteorito con la azada, lo hizo después con la mano pero la retiró de inmediato pues la piedra todavía estaba caliente. El mismo Manuel Calvo recogió el meteorito y lo llevó en su chupa a Sena donde se la presentó al cura Antonio Pano quien de inmediato se quedó con la piedra. Las nueve libras y una onza que se citan como peso del ejemplar se determinaron por medio de una balanza romana. Es decir, unos 4.178 g. Después de lo sucedido la noticia recorrió toda la zona y muchos vecinos fueron a Sena para ver la piedra a la que unos y otros arrancaron pequeñas porciones que se llevaron para enseñar a sus familiares y amigos. Enterado del fenómeno el Capitán General de Aragón, Antonio Manso determinó prevenir a la justicia de Sena para que hiciese una información formal del suceso y le remitiese la piedra. Dando cumplimiento a esa petición el alcalde de Sixena le envió toda la información que pudo recabar y en una caja sellada con las armas del Monasterio de Religiosas de la Orden de San Juan, de cuyo señorío es el territorio se le envió la piedra. Aparte, además, las mismas religiosas a través del Recibidor de Malta de Aragón le hicieron llegar a Manso otro «pedacito» que lo era de la pieza principal. Una vez recibido el informe y la caja Antonio Manso mandó que se abriera en su presencia y en la del Muy Reverendo Arzobispo don Juan Tomás de Micheo, Regente de esta Real Audiencia y de los oidores de ella don Miguel de la Villava y don Felipe de Rivero. Todos ellos vieron la piedra y discutieron ante ella acerca de su especie, caída y otras circunstancias, resultando de esta conversación que se encargase a D. Miguel de Villaba que hiciese algunas preguntas al Alcalde de Sixena.

Oliva-Gandía (Valencia, 1520)

Ocurrió el 26 de mayo de 1520, por la mañana. La noticia proviene de Diego de Zaya que, en sus Anales de Aragón, hace referencia a que cayeron tres piedras entre las villas de Oliva y Gandía a la vez que ocurría una terrible tempestad. Cada una de ellas pesaba como una arroba (11,5 kg), tenían el

color y constitución del pedernal. El suceso fue recogido por Chladni (1819, p: 211, en Graham *et al.*, 1985) y después también por Jimeno (1901b). Como curiosidad se puede contar que este suceso fue leído por Ignacio Bolívar en un libro de Fray Prudencio de Sandoval (1533-1620) publicado en una edición de 1846 (todavía existente en la biblioteca del MNCN). Bolívar debió comunicárselo a Salvador Calderón y este publicó una nota (Calderón y Arana, 1906). Sólo añadir que cuando una de las piedras estaba colgada en Santa María a una legua de Oliva, que por lo menos pesaba una arroba, todos los que venían allí en romería hurtaban de ella lo que podían, por lo que la colgaron de lo más alto de la iglesia con una cadena.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado con los proyectos C.I.C.Y.T. CGL2004-03564/BTE y MATERNAS-S-0505/MAT/0094 de la Comunidad Autónoma de Madrid.

Referencias

- Alcalá, L. y Martín Escorza, C. (2000). La caída del meteorito «Cabezo de Mayo» en el Sur de Murcia en 1870. *Geogaceta*, 28: 3-6.
- Alcalá, L. y Martín Escorza, C. (1996). La caída del meteorito de Madrid en 1896. XII Bienal. Tomo Extraordinario. 125 Aniversario de la R. Soc. Esp. Hist. Nat., 471-474.
- Arcimis, A. (1896). The great Madrid meteor. *Nature*, 53: 395.
- Bonilla, S. (1896). Análisis químico de una de las piedras meteóricas que cayeron en Madrid del bólido del 10 de febrero de 1896. *La Naturaleza*, 7: 281-284. Madrid.
- Boscá y Casanoves, E. (1899). El meteorito de Quesa (Valencia). *An. Soc. Esp. Hist. Nat., Actas*, 28: 53-56.
- Bunch, T. E. y Olsen, E. (1968). Potassium feldspar in Weekeroo Station, Kodaikanal, and Colomera iron meteorites. *Science*, 160: 1223-1225.
- Calderón y Arana, S. (1892). Caída de un meteorito en Guareña (Badajoz). *Act. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 21: 157-159.
- Calderón y Arana, S. (1896). Le bolide de Madrid. *Le Naturaliste*, 216: 55-56.
- Calderón y Arana, S. (1896). Más datos sobre el meteorito de Madrid. *An. Soc. Esp. Hist. Nat., Actas*, 25: 64.
- Calderón y Arana, S. (1899). Noticias bibliográficas. *An. Soc. Esp. Hist. Nat., Actas*, 28: 217-218.
- Calderón y Arana, S. (1906). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 6: 311.
- Calderón y Arana, S. y Quiroga, F. (1893). Estudio petrográfico del meteorito de Guareña (Badajoz). *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 22: 127-136.

- Calderón y Arana, S. y Rodríguez Mourelo, J. (1900). Meteorito de Gerona. *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, Actas, 29: 70-72.
- Casanova, I., Keil, K., Wieler, R., San Miguel, A. y King, E. A. (1990). Origin and history of chondrite regolith, fragmental and impact-melt breccias from Spain. *Meteoritics*, 25: 127-135.
- Casanova, I., Miller, M. L. y Keil, K. (1987). Brecciation and impact-melt rock formation of ordinary chondrites: evidence from a study of Spanish meteorites. *Meteoritics*, 22: 351.
- Castro, J. (1896). El bólide de Madrid. *La Naturaleza*, 7: 89-92; 137-142; 153-155.
- Chladni, E. F. F. (1819). Über die feuermeteorite. *J. Chem. Physik*, 26: 156-202. Viena.
- Dorransoro, J. y Moreno Martín, F. (1934). Sobre un hierro meteórico de la provincia de Granada. *An. Soc. Esp. Fis. Quim.*, 32: 1111-1115.
- Faura y Sans, M. (1922a). Meteoritos caídos en la península Ibérica. *Ibérica*, 17: 202-208.
- Faura y Sans, M. (1922b). Meteoritos caídos en la península Ibérica. *Ibérica*, 17: 314-318.
- Fernández Navarro, L. (1923). Los meteoritos del Museo de Madrid. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 23: 224-233.
- Fernández Navarro, L. (1924). Noticia del meteorito de Olivenza (Badajoz). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 24: 339-341.
- Fernández Navarro, L. (1925a). El meteorito de Olivenza (Badajoz). *Trab. Mus. Nat. Cienc. Nat.*, Serie Geológica, 35: 1-27.
- Fernández Navarro, L. (1925b). Le météorite d'Olivenza (Espagne). *C. R. Séan. Acad. Sci.*, 180: 1674-1676.
- Fernández Navarro, L. (1929). Meteorito de Ojuelos Altos. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 29: 19-24.
- Gomes C. B. y Keil, K. (1980). Brazilian stone meteorites. Albuquerque: University of New Mexico Press. 161 págs.
- Gómez de Llarena, J. (1938). Meteor-Fälle auf der Pyrenäen-Halbinsel. *Natur und Volk*, 68: 8-15.
- Gómez de Llarena, J. y Rodríguez Arango, C. (1950). El astrolito de Reliegos. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 48: 303-315.
- Gordón Morales, J. G. (1936). El hierro meteórico de Mallorca. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 36: 301-305.
- Graham, A. L., Bevan, A. W. R. y Hutchison, R. (1985). *Catalogue of Meteorites*. 4th edition. British Museum (Natural History). 460 págs.
- Gredilla y Gauna, A. F. (1892). *Estudio sobre los meteoritos*. Escuela Tip. del Hospicio. Madrid. 128 págs.
- Gredilla y Gauna, A. F. (1896a). Estudio petrográfico del meteorito de Madrid. *An. Soc. Esp. Hist. Nat. Actas*, 25: 223-242.
- Gredilla y Gauna, A. F. (1896b). Étude pétrographique de la pierre météorique tombée à Madrid le 10 février 1896. *C. R. Sci. Acad. Sci.*, 122: 1559-1560.
- Gredilla y Gauna, A. F. (1897). Una rectificación sobre el estudio del meteorito de Madrid. *La Naturaleza*, 8: 55-59.
- Jimeno, H. (1901a). Noticias históricas sobre algunas piedras meteóricas caídas en España. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 1: 215-216.
- Jimeno, H. (1901b). Noticias históricas sobre algunas piedras meteóricas caídas en España. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 1: 224-226.
- Keil, K., Conrad, G. H., King, E. A. y San Miguel, A. (1986). Petrology and classification of the Garraf, Spain Chondrite. *Meteoritics*, 21: 125-129.
- King, E. A., San Miguel, A., Casanova, I. y Keil, K. (1986). Inventory of the meteorite collection of the Museo Nacional de Ciencias Naturales, C. S. I. C., Madrid, Spain. *Meteoritics*, 21: 193-197.
- Llorca, J., Trigo-Rodríguez, J. M., Ortiz, J. L., Docobo, J. A., García Guinea, J., Castro-Tirado, A. J., Rubin, A. E., Eugster, O., Edwards, W., Laubenstein, M., Casanova, I. (2005). The Villalbeto de la Pena meteorite fall: I. Fireball energy, meteorite recovery, strewn field, and petrography. *Met. Planet. Sci.*, 40: 795-804.
- Luanco, J. R. (1874). Descripción y análisis de los aerolitos que cayeron en el distrito de Cangas de Onís (Asturias). *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 3: 69-95.
- Luanco, J. R. (1867). Noticia del aerolito que cayó en las inmediaciones de la ciudad de Oviedo el día 5 de agosto de 1856, seguida de su análisis cualitativa y cuantitativa. *Rev. Progr. Cien. Exact. Fis. Nat.*, 17: 159-180.
- Machado Núñez, A. (1863). Extracto de una Memoria leída a la Real Academia de Buenas Letras y Ciencias de Sevilla en la Sesión del 18 de enero de 1863. *Rev. Prog. Cien. Exact., Fís. Nat.*, 13: 51-56.
- Macpherson, J. (1896). Curiosa fotografía de la nube. *Actas. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 25: 32-33.
- Madoz Ibañez, P. (1846). Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones en ultramar. 16 volúmenes. Madrid.
- Martín Cardoso, G. (1935). Un siderito caído en Mallorca el 17 de julio de 1935. *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 35: 453-454.
- Martín Escorza, C. (1987). Fenómenos meteoríticos ocurridos en España. *Bol. Inst. Libre Enseñanza*, 3: 51-68.
- Martín Escorza, C. (2002). El meteorito de Ojuelos Altos. *Estratos*, 64: 54-57.
- Martín Escorza, C. (2004). Estructura fractal en los tiempos de las caídas de meteoritos sobre la Tierra. En: *Aproximación a las Ciencias Planetarias*. Pereira, D., Bárcena, M. A., Rubio, I. y Sesma, J. (eds). Ed. Univ. Salamanca, 237-247.
- Martín Escorza, C., Ordaz, J. y Alcalá, L. (1999). Historia «terrestre» de los meteoritos caídos en Cangas de Onís (Asturias) el 6 de diciembre de 1866. *Tierra y Tecnología*, 19: 38-44.
- Martínez-Frías, J., García Guinea, J. y Benito, R. (1989a). Los meteoritos. *Mundo Científico*, 93: 742-749.
- Martínez-Frías, J., Rodríguez, J. A., Benito, R., García Guinea, J. (1989b). Mineralogía y texturas del meteorito de Nulles, Colección del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. *Geogaceta*, 6: 5-6.
- Merino, M. (1896a). Noticias sobre el meteorito de Madrid. *An. Soc. Esp. Hist. Nat. Actas*, 25: 31-32.
- Merino, M. (1896b). Sur le bolide du 10 février de 1896. *C. R. Sci. Acad. Sci.*, 122: 683.
- Muñoz-Espadas, M. J., Martínez-Frías, J., Lunar, R., Sánchez, B. y Sánchez, J. (2002). Catalogs and Inven-

- tories. The meteorite collection of the National Museum of Natural Sciences, Madrid, Spain: An updated catalog. *Met. Planet. Sci.*, 37 (Supplement): 89-95.
- Ordaz, J., Martín Escorza, C. y Alcalá, L. (1998-1999). Meteoritos caídos en Asturias en el siglo XIX. *Bol. Cienc. Nat., Ridea*, 45: 21-34.
- Ordaz, J., Martín Escorza, C. y Alcalá, L. (1999). Actualización de datos referentes al meteorito caído en 1856 en Oviedo (España). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 95: 127-134.
- Paluzié Borrell, A. (1951). Meteoritos españoles. *Urania*, 225: 1-24.
- Pérez Mateos, J. (1954). Revisión, por análisis espectroquímico, del estudio de los meteoritos españoles que se conservan en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 52: 97-119.
- Risco, M. (1924b). Analyse spectrale de la météorite du 19. juin. 1924. *C. R. Sci. Acad. Sci.*, 179: 771-772.
- Rodríguez Arango, C. (1948). Detalles sobre la caída de un meteorito. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Actas*, 46: 199-200.
- Royo Gómez, J. (1929). Gestiones llevadas a cabo. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., Actas*, 29: 145-146.
- Rubin, A. E. (1985). Impact melt products of chondritic material. *Rev. Geophysics*, 23: 277-300.
- Rubin, A. E. (1990). Kamacite and olivine in ordinary chondrites: Intergroup and intragroup relationships. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 54: 1217-1232.
- Solano y Eulate, J. M. (1872). Noticia sobre la piedra meteórica caída en término de Murcia el día 18 de agosto de 1870. *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 1: 77-84.
- Solano y Eulate, J. M. (1896). Ejemplar del meteorito caído en Madrid el 10 de febrero de 1896. *An. Soc. Esp. Hist. Nat. Actas*, 25: 32.
- Stöffler, D., Keil, D. y Scott, E. R. D. (1991). Shock metamorphism of ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 55: 3845-3867.
- Trigo-Rodríguez, J. M., Borovicka, J., Spurny, P., Ortiz, J. L., Docobo, J. A., Castro-Tirado, A. J., Llorca, J. (2006). Determination of atmospheric trajectory and orbit. *Met. Planet. Sci.*, 41: 505-517.
- Velasco, J. de (1870). Caída de aerolitos en el campo de Murcia. *El Tiempo*, 247 (20 de octubre).
- Wilkinson, S. L. y Robinson, M. S. (2000). Bulk density of ordinary chondrite meteorites and implications for asteroidal internal structure. *Met. Planet. Sci.*, 35: 1203-1213.

Recibido el 16 de octubre de 2006
Aceptado el 16 de noviembre de 2006