

¿Caídos del cielo? Meteoritos en la historia y en la historia de la ciencia

Fallen from the sky? Meteorites in history and history of science

JORDI LLORCA PIQUÉ

Institut de Tècniques Energètiques. Universitat Politècnica de Catalunya. Diagonal 647, 08028 Barcelona. jordi.llorca@upc.edu

Resumen La caída de un meteorito viene precedida por una bola de fuego que deja una estela luminosa, humo y ruido estruendoso. Estos fenómenos no pasan desapercibidos y han jugado un papel destacado en algunos episodios históricos así como en la ciencia, que no reconoció el estudio de los meteoritos como auténtica disciplina científica hasta el siglo diecinueve. Hoy en día los meteoritos constituyen una de las joyas más preciadas que tenemos para conocer mejor nuestro entorno planetario.

Palabras clave: Meteoritos, caídas de meteoritos, historia, historia de la ciencia, científicos

Abstract *The fall of a meteorite is preceded by a fireball that leaves a luminous wake, smoke and loud noise. These phenomena do not go unnoticed and have played a prominent role in some historical episodes as well as in science, which did not recognize the study of meteorites as a proper scientific discipline until the nineteenth century. Today, meteorites are among the most precious jewels from which we can learn more about our planetary environment.*

Keywords: *Meteorites, meteorite falls, history, history of science, scientists*

INTRODUCCIÓN

A veces los cielos se abren y caen piedras que parecen sangre y fuego que golpean la Tierra.
Plinio el viejo (Historia Natural, s. I d.C.).

Los meteoritos proceden de objetos naturales interplanetarios lo suficientemente grandes como para sobrevivir a la fricción con la atmósfera y alcanzar así la superficie de nuestro planeta. De este modo, los meteoritos son objetos que provienen del espacio y que podemos estudiar con detalle en el laboratorio para obtener información de gran valor acerca de la composición y evolución geológica de nuestro entorno. La historia es rica en episodios relacionados con los meteoritos debido a que su caída suele estar acompañada de fenómenos espectaculares, tales como bolas de fuego que surcan el cielo originadas por la fricción de estos cuerpos con la atmósfera. No es extraño, por tanto, que las civilizaciones antiguas consideraran a los meteoritos como mensajeros divinos y que se hayan encontrado meteoritos en tumbas, acuñados en monedas, preservados en templos, plasmados en grabados y en pinturas (Llorca, 2004). Asimismo, la interpretación y estudio de los meteoritos a lo largo de la historia nos muestra la evolución del pensamiento científico en muchos aspectos (Llorca, 2011). Podría parecer que el estudio científico de los meteoritos es una

disciplina relativamente reciente, pero sus orígenes se remontan al siglo XVIII.

Existen tres grandes tipos de meteoritos. Cerca del noventa y dos por ciento de los meteoritos son del tipo *rocoso*, constituidos esencialmente por silicatos y aluminosilicatos de magnesio, hierro y calcio. El segundo tipo más abundante, con un siete por ciento, son los meteoritos *metálicos*, constituidos básicamente por hierro y níquel y pequeñas cantidades de otros elementos como cobalto, carbono, silicio, azufre y fósforo. Por último, apenas un uno por ciento de los meteoritos es del tipo *metalorcoso* y están constituidos por dos fases bien diferenciadas de silicatos y metal. El mayor meteorito encontrado hasta el momento es el meteorito metálico Hoba, en Namibia, de unos tres metros de largo y ancho y un metro de altura. Pesa unas sesenta toneladas, es decir, algo así como quince elefantes adultos juntos. El meteorito rocoso más grande encontrado hasta el momento es Jilin, en China, del que cayeron más de tres mil fragmentos el ocho de marzo de 1976, el mayor de los cuales, de casi dos toneladas de peso, originó un hoyo en el suelo de seis metros de profundidad.

En España, como en todos sitios, también han caído meteoritos, la mayor parte de los cuales se preservan en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (Martín, 1987). Las caídas y los hallazgos se han registrado por toda la geografía española (Tabla I).

El meteorito Ojuelos Altos, en Córdoba, de casi seis kilogramos de peso, cayó el diez de diciembre de 1926 en un campo de cultivo de cereales y originó un hoyo de unos treinta y cinco centímetros de profundidad, lo que ocasionó la burla de los pueblos vecinos: *¡Cómo serán los de Ojuelos Altos, que hasta desde el cielo los apedrean!* El trozo más grande del meteorito que cayó el veinte de julio de 1892 en Guareña, Badajoz, pesaba unos treinta y dos kilogramos y cayó a tan sólo cincuenta metros de unos labradores, quienes lo extrajeron del hoyo de setenta y cinco centímetros de profundidad que hizo el meteorito al caer en tierra de labor. También en Badajoz, diversos fragmentos del meteorito de Olivenza cayeron el diecinueve de junio de 1924 a seis metros de cuatro hermanos que estaban faenando en un olivar. El meteorito que cayó en Molina de Segura, Murcia, en 1858, pesaba ciento trece kilogramos, y el trozo de metal encontrado bajo el suelo de un patio de una casa de Colomera, Granada, en 1912 era de ciento treinta y cuatro kilogramos. A las nueve y media de la mañana del diez de febrero de 1896 tuvo lugar una lluvia de meteoritos sobre Madrid, uno de los cuales atravesó el periódico que estaba leyendo en ese momento un transeúnte en el Paseo de la Castellana. Otra lluvia de meteoritos se registró en Cangas de Onís, Asturias, el seis de diciembre de 1866, con ejemplares de más de once kilogramos. Dos de los meteoritos caídos en las inmediaciones de la ciudad de Oviedo el día cinco de agosto de 1856 atravesaron el tejado de una casa y fueron recogidos en una habitación. La caída más antigua de un meteorito en España de la que se tiene constancia y de la que se conserva aún algún fragmento es la que tuvo lugar el diecisiete de noviembre de 1773 en Villanueva de Sigena, cerca de Sena, Huesca. Pero también existen registros de caídas de meteoritos más antiguas, a pesar que de éstas no se conservan ejemplares. Según Averroes (1126–1198), en el siglo XII cayó un meteorito metálico de unos cuarenta y cinco kilogramos de peso en las cercanías de Córdoba, que fue utilizado para forjar una espada. Otras crónicas recogen la caída de meteoritos en Roa (Burgos, 1438), Gandía (Valencia, 1520), Los Rábanos (Soria, 1791–1795) y Terrassa (Barcelona, 1704).

Recientemente, han caído dos meteoritos en la geografía española, el cuatro de enero de 2004 en Villalbeto de la Peña, Palencia (Llorca et al., 2005), y el 10 de mayo de 2007 en Puerto Lápice, Ciudad Real (Llorca et al., 2009). La caída del meteorito Villalbeto de la Peña fue acompañada por una bola de fuego tan espectacular que fue vista por miles de personas desde toda la parte septentrional de la península ibérica, Baleares y sur de Francia.

METEORITOS EN LA HISTORIA

Objetos antiguos

Sólo Dios con su poder este fierro destruirá, porque en el mundo no habrá quien lo pueda deshacer. Poema cincelado en el meteorito metálico Morito (1821, México).

En la antigüedad, la caída de un meteorito era casi siempre considerada una fatalidad y/o una señal divina. Pero, al mismo tiempo, siempre que el ser

METEORITO	LUGAR	AÑO
Barea	Logroño	1842
Berlanguillas	Burgos	1811
Cabezo de Mayo	Murcia	1870
Cangas de Onís	Asturias	1866
Cañellas	Barcelona	1861
Colomera	Granada	1912 (encontrado)
Garraf	Barcelona	1905 (encontrado)
Girona	Girona	1899 (encontrado)
Guareña	Badajoz	1892
Los Martínez	Murcia	1894
Madrid	Madrid	1896
Molina de Segura	Murcia	1858
Nulles	Tarragona	1851
Ojuelos Altos	Córdoba	1926
Olivenza	Badajoz	1924
Olmedilla de Alarcón	Cuenca	1929
Oviedo	Asturias	1856
Puerto Lápice	Ciudad Real	2007
Quesa	Valencia	1898
Reliegos	León	1947
Retuerta del Bullaque	Ciudad Real	1980 (encontrado)
Roda	Huesca	1871
Sena	Huesca	1773
Sevilla	Sevilla	1862
Valencia	Valencia	1932 (encontrado)
Villalbeto de la Peña	Palencia	2004
Zaragoza	Zaragoza	1950 (encontrado)

humano ha tenido meteoritos metálicos a su alcance los ha utilizado para elaborar todo tipo de utensilios. Así, los análisis químicos efectuados con objetos de hierro encontrados en múltiples yacimientos arqueológicos anteriores a la edad de hierro han confirmado en todos los casos que fueron fabricados a partir de meteoritos metálicos (Bjorkman, 1973), ya que el hierro no se encuentra en estado libre en la naturaleza y su metalurgia es compleja. En la tumba del faraón Tutankhamon, del siglo XIV a.C., se encontró una daga y diecisiete herramientas más de hierro hechas con meteoritos metálicos. De la misma manera se han encontrado broches, collares, amuletos y hachas anteriores a la edad de hierro realizados con meteoritos metálicos en la tumba de la princesa Aashait, Egipto (2050–2025 a.C.), en la tumba de Alaça Hüyük, Turquía (2400–2200 a.C.), en el cementerio real de Ur, Irak (2500 a.C.), en Troya, Turquía (2400–2200 a.C.), en Ras Shamra, Siria (1450–1350 a.C.), y en Creta, Grecia (1600–1400 a.C.). Se entiende, entonces, que los egipcios llamaran posteriormente al hierro como *trueno del cielo*, los sumerios y los hititas como *fuego del cielo*, los asirios como *metal del cielo* y los griegos como *síderos*, es decir, que *tiene relación con los astros*.

Después de la edad de hierro, éste era abundante y fácilmente accesible, de manera que su uso se extendió de manera rápida, pero no en todos los lugares. Por eso en la edad moderna los conquistadores españoles se quedaron boquiabiertos al ver que algunas tribus de indios americanos utilizaban hierro para hacer las puntas de sus flechas. ¿Cómo era posible si aquellos indios no dominaban el arte de la forja ni la extracción de hierro de los minerales? ¿De dónde habían obtenido el hierro? Únicamente existía una respuesta posible, y ésta era que los indios trabajaran en frío pedazos de meteoritos metálicos. Fabricar puntas de flecha o cualquier otro utensilio con un meteorito metálico es una tarea ardua y difícil. Los meteoritos metálicos son sólidos extremadamente compactos

Tabla 1. Lista de los meteoritos caídos en España que en la actualidad se conservan en museos.

y duros, por lo que es muy difícil cortarlos y trabajar con ellos. Su trabajo en frío en la antigüedad debió de ser realmente complicado y propio de trabajo de artesanos. Cuando Hernán Cortés preguntó a los jefes aztecas de dónde obtenían el hierro de sus flechas y cuchillos, éstos señalaron el cielo. Los esquimales de Cape York, Groenlandia, también utilizaron meteoritos metálicos para confeccionar puntas de arpones (Fig. 1). Según la leyenda, *Tornasuk*, el espíritu del demonio, hizo bajar del cielo a una mujer (*Saviksue*), una tienda (*Ahnighito*) y un perro para que estuvieran al lado del hombre. Estos no eran otra cosa que meteoritos metálicos. En los años 1895–1897 Robert Peary se llevó varios de los meteoritos que utilizaban los esquimales, de más de treinta toneladas, y los vendió al Museo de Ciencias Naturales de Nueva York para sufragar los gastos de su expedición al Polo Norte (Huntington, 2002). Los meteoritos mostraban las cicatrices que los esquimales habían dejado al arrancar trozos para construir sus utensilios.

Fig. 1. Arpón utilizado por esquimales en Groenlandia en cuya punta se utilizó un trozo del meteorito Cape York (museo de ciencias naturales de Viena, cortesía del autor).



En la antigua Roma

La caída del imperio romano fue precedida por la coexistencia y competencia de una gran variedad de religiones. Además de las divinidades romanas, el judaísmo y el cristianismo, en algunas ocasiones el mismo emperador también adoptaba el protagonismo de un dios, y en otras se rendía culto a dioses de origen griego, hebreo o egipcio. En esta amalgama de divinidades, uno de los dioses más considerado era el Sol, es decir, Apolo, Helios o Heliogábalo. El culto al Sol era conocido en Roma de mano de los sirios mucho antes de Julio César, pero se convirtió en realmente dominante con el emperador Vario Avito Basiano. Gracias a una maniobra organizada por su abuela, Basiano fue proclamado emperador en junio del año 218, con tan solo catorce años de edad. Poco tiempo después, el emperador se cambió el nombre por el de Heliogábalo, que era el dios que quería que la gente adorase. Pero en lugar de hacerse cargo del imperio, Heliogábalo se dedicó de manera obsesiva a venerar al dios Sol y a otros menesteres lascivos. Una de sus obsesiones fue un meteorito, la que por entonces se conocía como piedra de Emesa y a la que se le dedicaron dos templos, uno en el monte Palatino y otro en las afueras de la ciudad.

Heliogábalo rendía culto cada día al meteorito vestido con sedas y con las mejillas pintadas de rojo y blanco, al tiempo que se realizaban cantos y danzas y se sacrificaban toros y ovejas (D’Orazio, 2007). Heliogábalo mandó también adornar una carroza con oro y piedras preciosas con la que transportaba la piedra de Emesa entre los dos templos. Cuatro caballos blancos tiraban de la carroza que, obviamente,

sólo podía ser conducida por Heliogábalo. A su paso, todos tenían que realizar reverencias al emperador y al meteorito. De hecho, Heliogábalo conducía de espaldas para no dar la espalda a la piedra de Emesa y en el suelo de la carroza había oro en polvo para evitar que ésta pudiese tropezar. Hoy en día podemos ver en los museos arqueológicos las monedas que Heliogábalo mandó acuñar, donde se ve una cuadriga arrastrando la carroza con el meteorito (Fig. 2). El comportamiento extravagante y negligente de Heliogábalo duró poco, porque a los dieciocho años el emperador y su madre fueron asesinados por la guardia Pretoriana. Sus cuerpos mutilados fueron arrastrados por las calles de Roma. Por lo que al meteorito se refiere, éste fue retornado discretamente al templo de Emesa, en Siria.



Fig. 2. Reverso y anverso de una moneda romana de la época de Heliogábalo. Se observa con claridad una cuadriga cargando la piedra de Emesa (reproducción cortesía de Francesc Llorca).

Meteoritos y guerras en la época moderna

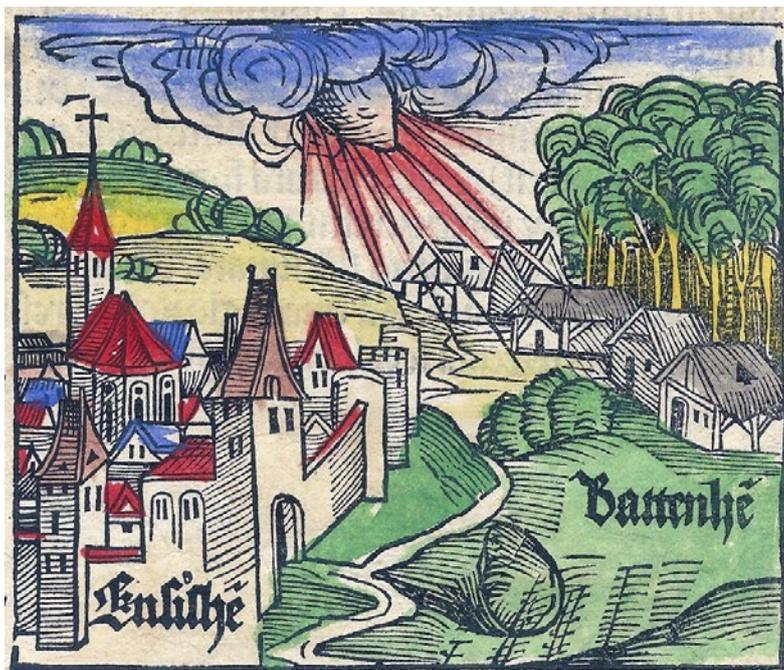
El honor romano y la nación germánica están contigo, oh grandísimo rey. Toma como verdad que la piedra te fue enviada. Dios te avisa en tu propia tierra que debes armarte, oh rey pacífico, encabeza tu ejército. Sebastián Brant (1492), en ocasión de la caída del meteorito Ensisheim.

La caída del meteorito de Ensisheim, en Alsacia, causó una profunda conmoción y determinó los actos de uno de los monarcas de la Europa de finales del siglo XV. Poco antes del mediodía del día siete de noviembre de 1492 se oyó un fuerte estruendo en los valles altos del Rin. Momentos después, un chico que se encontraba en los alrededores de la ciudad amurallada de Ensisheim se quedó absolutamente pasmado al ver cómo una piedra enorme bajaba del cielo y caía en un campo de trigo cercano. Él fue el único testigo. Después de la explosión, que no sólo se oyó en Ensisheim sino también a más de cien kilómetros

de distancia, hasta los Alpes, todo el mundo se preguntaba el motivo de tal estruendo y qué era lo que había pasado. Nadie supo contestar a estas preguntas hasta que los vecinos de Ensisheim escucharon lo que el chico, atemorizado y sollozando, les contó. Así pues, los vecinos se dirigieron al campo de trigo conducidos por el chico, donde encontraron un agujero de un metro de profundidad y, en el fondo, una piedra que pesaba más de ciento veinte kilogramos (Marvin, 1992). Muy pronto la noticia llegó a los oídos de todos los habitantes de Ensisheim y, como era de esperar, se estableció una discusión muy animada sobre qué era lo que debían hacer con la piedra. En la memoria de los más viejos no había ningún rastro de una explosión parecida a la que habían oídos momentos antes, y mucho menos de una piedra como aquella. A duras penas y con las ideas aún poco claras, los vecinos de Ensisheim sacaron el meteorito del agujero que había provocado al caer del cielo. Tenía forma triangular y todo él era de color negro. No pasó demasiado rato hasta que, finalmente, empezaron a romper la piedra con todo tipo de utensilios con el propósito de llevarse a casa un talismán que les traería buena suerte (se trataba de un meteorito rocoso). Cuando las autoridades de Ensisheim llegaron al campo de trigo se escandalizaron al ver cómo la gente había empezado a romper la piedra y prohibieron continuar con esa práctica. Entonces llevaron el meteorito al interior de la ciudad, delante de la puerta de la iglesia, donde se arremolinaron personas de toda la comarca para verla y donde empezaron a contarse historias fabulosas.

Unos días después, el veintiséis de ese mismo mes, el príncipe Maximiliano de Austria, hijo del rey Federico III, se dirigió a Ensisheim para ver la piedra que había caído del cielo. Maximiliano se quedó tan impresionado por aquel acontecimiento que ordenó trasladar el meteorito a su castillo de Koenigsburg, cerca de las murallas de la ciudad, e hizo traer sabios y consejeros para examinar la piedra. Después de unos cuantos días de deliberaciones, decidieron que Dios había enviado el meteorito a Maximiliano para ayudarlo en sus hazañas contra los franceses. Maximiliano sacó dos pedazos del meteorito, uno se lo quedó él y el otro se lo regaló a su buen amigo Segismundo de Austria. Después devolvió la piedra al pueblo de Ensisheim con la orden explícita que debían conservarla tal y como estaba, sin sacar ningún otro trozo, en la iglesia, como testimonio eterno de aquel gran milagro. El meteorito fue encadenado dentro de la iglesia porque temían que pudiera marcharse de la misma manera que llegó, de repente y sin aviso alguno. Así fue como este meteorito se ha podido preservar más de cinco siglos (Marvin, 1992).

Tras las conclusiones de los consejeros de Maximiliano, la caída del meteorito de Ensisheim fue utilizada como arma de propaganda política y, antes que acabara el año, ya se habían distribuido cuatro panfletos propagandísticos escritos por Sebastian Brant (1457-1521), el poeta de más renombre de aquellos tiempos del imperio (Fig. 3). Gracias a la aparición reciente de la imprenta en los valles del Rin y que los panfletos contenían versos escritos en latín, pero también en alemán, muy pronto todo el mundo se enteró del fabuloso acontecimiento y que Maximiliano, después de esa señal divina, iba a enfrentarse al rey francés, Carlos VIII, su enemigo de toda la vida.



Maximiliano buscó aliados para declarar la guerra a Carlos VIII. Los aliados fueron, en un principio, los reyes de Inglaterra y de España. Sintiendo seriamente amenazado, Carlos VIII dio una cantidad de dinero sustanciosa a Enrique VII y cedió el Rosellón y la Cerdeña a los Reyes Católicos. Maximiliano se encontró solo frente a su enemigo. Maximiliano estaba en Metz cuando cayó el meteorito de Ensisheim y, como ya hemos dicho, fue de inmediato a verlo. En aquellos momentos de incertidumbre, Maximiliano se envalentonó con la opinión de los sabios y consejeros sobre la caída del meteorito, según la cual la piedra la había enviado Dios para ayudarlo en la guerra contra Carlos VIII. Decididamente, Maximiliano declaró la guerra al rey de Francia y en enero de 1493 sus tropas obtuvieron una victoria contundente en la batalla de Salins.

Durante muchos años después de las gestas de Maximiliano, el meteorito de Ensisheim fue custodiado y considerado como uno de los tesoros más valiosos de Alsacia (Marvin, 1992). El meteorito permaneció en la iglesia de la ciudad, viendo como ésta fue destruida y saqueada en múltiples ocasiones durante la guerra de los treinta años (1618-1648). En 1793 Casimir Karpff, comisario de la revolución francesa, lo hizo trasladar al Museo Nacional de Colmar, no muy lejos de Ensisheim, donde él era el director. Allí estuvo hasta la segunda guerra mundial, cuando se llevó de vuelta a Ensisheim, donde hoy puede ser admirado en el Ayuntamiento, en una caja de cristal.

La guerra de sucesión española

Jueves, a 25 de diciembre de 1704, a las cinco de la tarde, hallándose el cielo sereno y sin nube alguna, de repente se vio una llamarada muy luminosa en la presente ciudad, saliendo y proviniendo, según testimonios fiables, del mar. /.../ Se abrió y formó tres nubes muy blancas que permanecieron en la región celeste más de media hora. Después de esta llamarada se oyó en el cielo como si dispararan piezas de artillería y posterior-

Fig. 3. Este grabado se imprimió en los panfletos escritos por Sebastian Brant sobre el meteorito de Ensisheim. Se ve con claridad el meteorito que cae envuelto en una nube en los alrededores de la ciudad amurallada.

mente mucha mosquetería, durando todo ello aproximadamente el tiempo que se emplea en rezar tres credos. Quiera Dios mirarnos con ojos misericordiosos y concedernos su gracia. Amén. Rúbricas de Bruniquer, en ocasión de la caída del meteorito de Barcelona del s. XVIII.

El día dos de octubre del año 1700 murió el rey Carlos II de España, *el hechizado*, sin dejar descendencia. Después de múltiples vicisitudes palaciegas y la muerte súbita a los seis años de edad de José Fernando de Baviera, bisnieto de Felipe IV y a quien el rey había designado como su heredero, dos candidatos acabaron disputándose la corona española. Por un lado, el archiduque Carlos de Austria, hijo del emperador Leopoldo I; por el otro, el duque Felipe de Anjou, que era nieto del rey de Francia Luis XIV. Ya en el lecho de muerte y bajo circunstancias poco claras, Carlos II acabó por designar al duque Felipe de Anjou como su sucesor. Esto no fue del agrado de los otros reinos vecinos, que veían cómo una alianza entre Francia y España ponía en peligro el equilibrio de fuerzas que había en aquellos tiempos en Europa. Además, estaba también en juego el monopolio del comercio con las Américas. De este modo, Inglaterra, los Países Bajos y el Imperio Austriaco constituyeron la Gran Alianza de la Haya en 1701, a la que más tarde se unirían Portugal y Saboya, para dar apoyo a las reivindicaciones del archiduque Carlos de Austria sobre la corona española. En marzo de 1702 estalló la guerra entre la Gran Alianza y los reinos de Francia y España, donde el duque Felipe de Anjou era el nuevo rey de España con el nombre de Felipe V. Era la Guerra de Sucesión española, considerada como el primer gran conflicto bélico de la Europa moderna. La postura absolutista y modo de gobernar de Felipe V no agradó en Cataluña, que veía cada vez más amenazadas sus libertades y Constituciones. De este modo, la oposición a Felipe V fue en aumento en y en verano de 1705 tuvo lugar una revuelta a favor del archiduque Carlos de Austria, que fue proclamado en Cataluña como rey Carlos III de España. En este ambiente bélico y justo unos meses antes -nada más ni nada menos que el mismísimo día de Navidad de 1704- tuvo lugar la caída de un meteorito en Terrassa, cerca de Barcelona, un meteorito que originó una gran bola de fuego que fue vista en un trayecto de más de cien kilómetros (Llorca, 2004).

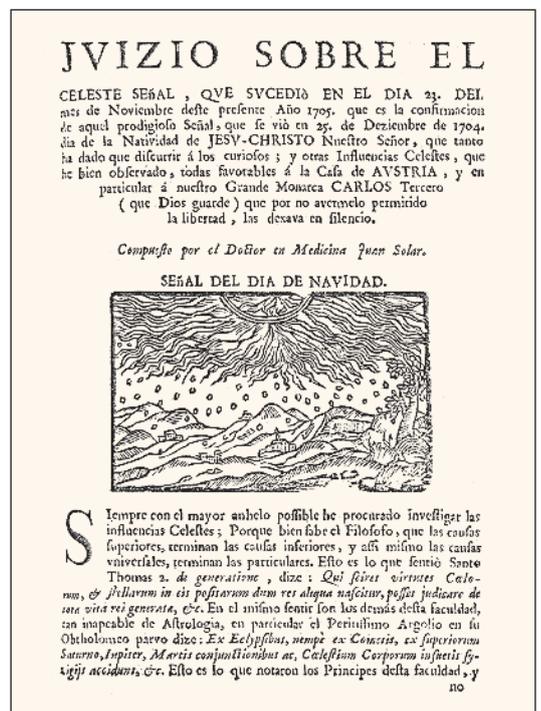
A partir de la lectura de los numerosos documentos que narran la caída del meteorito se deduce que su caída tuvo que ser, sin lugar a dudas, aterradora. Todos los relatos tienen mucho en común. Aquel día de Navidad de 1704 el cielo estaba sereno, sin nubes, pero al anochecer una gran bola de fuego con una luminosidad parecida a la de Sol atravesó el cielo, dejando una columna de humo visible durante mucho tiempo. Por otro lado, el fenómeno luminoso fue acompañado de un gran estruendo, parecido al que se conocía de los cañones y otras armas de fuego. Según los documentos cayeron diversos fragmentos del meteorito en los alrededores de Terrassa. Los meteoritos pesaban alrededor de un kilogramo y tenían un exterior de color negro y un interior de color gris. Esto significa, con toda certeza, que se trató de la caída de un meteorito rocoso, no de un trozo de metal. El color

negro del exterior de los fragmentos correspondería a la corteza de fusión ocasionada por la fricción atmosférica durante la caída. Sabemos que algunos de los fragmentos del meteorito se conservaron durante años, pero por desgracia ahora ya nadie sabe dónde están (Llorca, 2004).

Todos los escritos que hablan de la bola de fuego que ocasionó la caída de este meteorito coinciden en atribuir un origen divino al suceso. La señal provenía del cielo y, además, lo hacía en una día tan emblemático para los cristianos como el mismo día de Navidad. En aquella guerra especialmente sangrienta no había ninguna otra posibilidad que considerar la señal como un aviso de lo que estaba sucediendo, aquí y en toda Europa. Tenemos en nuestras manos un documento de excepción que nos muestra cómo la caída del meteorito también fue utilizada con fines propagandísticos, de manera parecida a cómo Sebastian Brant atribuyó dos siglos antes la caída del meteorito de Ensisheim a una señal divina a favor del príncipe Maximiliano frente a los franceses. En este caso el documento lo escribió Joan Solar, un médico de Barcelona, que quiso argumentar que la caída del meteorito del día de Navidad de 1704 en Terrassa era una señal del cielo a favor del archiduque Carlos de Austria en la Guerra de Sucesión (Fig. 4). El texto propagandístico fue impreso en Barcelona y contiene un grabado magnífico en el que se ve la caída de las piedras del cielo. El documento contiene además otras referencias a cometas y algunas disquisiciones de carácter astrológico.

A diferencia de Sebastian Brant, no obstante, el médico barcelonés no tuvo tanto acierto. A pesar de que la evolución de la Guerra de Sucesión hacía creer en una victoria del archiduque Carlos de Austria, un hecho inesperado cambió el curso de los acontecimientos. En abril de 1711, el emperador de Austria, José I, murió, con lo que su hermano, quien no era otro que el archiduque Carlos, heredó la corona de Austria. Ante la amenaza que suponía entonces una alianza entre

Fig. 4. Documento escrito por Joan Solà, médico de Barcelona, en el que se describe la caída de un meteorito en 1704 y cómo éste debía favorecer a Carlos III en la Guerra de Sucesión Española (Biblioteca Lambert Mata, Ripoll, cortesía Salvador Vega).



España y Austria, aún más temible que la alianza entre España y Francia, los reinos de la Gran Alianza decidieron negociar la paz con Luis XIV y reconocer a Felipe V como rey de España mediante los tratados de Utrech (abril de 1713) y Rastatt (marzo de 1714).

METEORITOS EN LA CIENCIA

Los primeros análisis

Qué triste es ver a todo un municipio certificando historias fantásticas. Que cada uno saque sus propias conclusiones acerca de este documento que intenta certificar un hecho falso, un fenómeno físicamente imposible. Pierre Berthelon (Journal des Sciences Utiles 1791, 4, 224), en ocasión de la caída el 24 de julio de 1790 del meteorito Barbotan. Trescientos lugareños testificaron ante notario acerca de la caída de piedras del cielo.

Con la llegada de la Ilustración en el siglo XVIII, la ciencia se fue imponiendo frente a creencias oscuras y supersticiones. Ya no había nada que no pudiera ser estudiado con el método científico. La caída de piedras y trozos de metal del cielo y, sobretodo, las historias fantásticas asociadas con aquellas, no pasaron desapercibidas a los científicos de la época, que de manera mayoritaria creían que eran el resultado de la imaginación de la gente poco acostumbrada a la observación de los fenómenos naturales. Esta creencia se enraizó de manera especialmente fuerte en Francia, entre otras cosas porque Antoine Laurent de Lavoisier (1743–1794) dijo que los meteoritos que cayeron el trece de septiembre de 1768 en Lucé eran piritas que habían sido alcanzadas por un rayo y no piedras que hubieran caído del cielo (Fourgeroux et al., 1777). Según Lavoisier, “no pueden caer piedras del cielo porque no hay piedras en el cielo”. Esta interpretación ya la había dado doscientos años antes Paracelso (Theophrastus von Hohenheim, 1493–1541) en su libro *Liber Meteorum* para el meteorito que cayó en 1492 en Ensisheim. Bajo la influencia de Lavoisier otros científicos franceses continuaron creyendo durante mucho tiempo que no era posible la caída de cuerpos del espacio y que las piedras y trozos de metal que en ocasiones caían se formaban por fenómenos atmosféricos. Entre estos científicos se encontraban Pierre Simon Laplace (1749–1827) y Siméon Denis Poisson (1781–1840). También había otros científicos que argumentaban que las piedras y trozos de metal que caían del cielo eran objetos expulsados del Sol o por los volcanes de la Luna.

Pero la naturaleza es como es y los meteoritos siguieron cayendo por todos lados y bajo todo tipo de condiciones atmosféricas: días nublados, días claros, días soleados,...., lo que hacía difícil creer que éstos tuvieran relación con algún tipo de fenómeno atmosférico. De este modo, las numerosas evidencias de caídas de piedras y trozos de metal del cielo empezaron a interesar e intrigar cada vez más a los científicos, puesto que no encontraban ninguna explicación lo suficientemente convincente. La primera investigación profunda que se llevó a cabo para discernir la posibilidad de que realmente pudieran caer piedras y trozos de metal del cielo la llevó a cabo Ernst Florens

Friedrich Chladni (1756-1827), miembro de la Academia de Ciencias de San Petersburgo. Chladni disponía de buena reputación por haber asentado previamente los principios de la acústica moderna.

Ernst Florens Friedrich Chladni

Chladni se interesó por el estudio de los meteoritos a raíz de una conferencia impartida por Georg Christoph Lichtenberg, profesor de la Universidad de Göttingen, en la que defendió la idea de que las estrellas fugaces las provocaban cuerpos que procedían del espacio cuando éstos entraban en la atmósfera a gran velocidad. De manera inmediata, Chladni quiso dar un paso más e investigar si el mismo argumento podía aplicarse a los meteoritos y registró a fondo las bibliotecas de Göttingen para estudiar los numerosos documentos que, a lo largo del tiempo y en lugares muy alejados entre sí, explicaban caídas de meteoritos en todo el mundo. Chladni expuso su teoría en un pequeño libro de sesenta y tres páginas publicado en Riga en abril de 1794, *Über den Ursprung der von Pallas gefundenen and anderer ihr ähnlicher Eisenmassen und über einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen* (“Sobre el origen del hallazgo de Pallas y otras masas de hierro parecidas y sobre algunos otros fenómenos naturales relacionados”). Por primera vez se publicaba un libro donde se hacía una conexión entre los meteoritos y el espacio exterior (Chladni, 1794).

El “hallazgo de Pallas” del que trataba el libro de Chladni se refería a un meteorito que encontraron casualmente en 1749 un cosaco de nombre Yakov y un ingeniero de minas, Johan Caspar Mettich, que buscaba metales preciosos en las montañas de Bolshoi, Siberia. El meteorito tenía una superficie irregular, era más o menos esférico y de unos setenta centímetros de diámetro. En un principio Mettich vio con interés al bloque de metal, pero al no encontrar ningún otro fragmento parecido en los alrededores, descartó la presencia de ninguna mina y se olvidó del objeto extraño que habían encontrado. Pero Yakov no, sino que volvió al invierno siguiente con un caballo y un trineo para llevarse aquella cosa curiosa de setecientos kilogramos de peso a su casa. En esa época, Pyotr Simon Pallas (1741-1811) estaba haciendo un inventario de la historia natural de Siberia por encargo de la Academia de Ciencias de San Petersburgo (la misma a la que pertenecía Chladni). Cuando Pallas examinó el meteorito se dio cuenta que no tenía ningún parecido con cualquier otro objeto que hubiera visto antes. Se trataba de un pedazo de metal macizo con incrustaciones de olivino (un meteorito metalorrocoso). En mayo de 1776, el meteorito fue trasladado a San Petersburgo, y allí estaba Chladni para darlo a conocer al mundo (Marvin, 1996).

En el momento en que se publicó el libro de Chladni, los astrónomos hacía tiempo que estaban preocupados para llenar el vacío planetario aparente que había entre Marte y Júpiter, porque justo allí fallaba la *regla de Titius-Bode*, que racionalizaba perfectamente el número y ubicación de todos los planetas conocidos. Faltaba un planeta entre Marte y Júpiter que aún no se había descubierto y los astrónomos se lanzaron a buscar el planeta perdido, sobretodo después de que en 1781 Sir William Herschel (1738–1822) descubriera Urano a la distancia que preveía dicha

regla. Finalmente, el uno de enero de 1801, Giuseppe Piazzi (1746–1826) descubrió lo que se creyó que era el planeta perdido y lo llamó Ceres, en honor a la diosa romana de la agricultura. Pero Ceres no era lo suficientemente brillante como para ser considerado un planeta y otros astrónomos siguieron buscando. El año siguiente, Heinrich Wilhelm Olbers (1758–1840) descubrió otro cuerpo también pequeño, que bautizó con el nombre de Pallas (en honor a la diosa griega Palas Atenea), a la misma distancia que Piazzi había encontrado Ceres. Poco después, en 1804 y 1807, ya se habían descubierto dos cuerpos más entre Marte y Júpiter, Juno y Vesta, y el número fue creciendo año tras año. Lo que los astrónomos encontraron no fue un planeta sino una colección de pequeños planetas, los *asteroides*. Ante el hecho de la existencia de numerosos asteroides, la teoría de Chladni según la cual las piedras y trozos de metal que caían del cielo provenían de cuerpos en el espacio en órbita alrededor del Sol fue adquiriendo cada vez más consistencia y credibilidad. Como reconocimiento a su labor pionera en este campo, en 1993 se denominó a un mineral nuevo encontrado en un meteorito ($\text{Na}_2\text{CaMg}_7(\text{PO}_4)_6$) como *Chladniita*. Por otro lado, y de manera casi paralela al descubrimiento de los asteroides, se empezaron a realizar los primeros análisis químicos detallados de meteoritos. El pionero en el análisis de meteoritos metálicos fue Joseph Louis Proust, mientras que Edward Howard se dedicó a los de naturaleza rocosa.

Joseph Louis Proust y el meteorito Campo del cielo

En 1799, mientras estaba en España, Joseph Louis Proust (1754–1826) leyó en los *Annales de Chimie* un artículo que Miguel Rubín de Celis (1746–1799) escribió sobre el meteorito Campo del Cielo, encontrado en Argentina (Rubín de Celis, 1788). A Proust le pareció tan interesante el artículo que escribió a Rubín de Celis pidiéndole un trozo del meteorito para analizarlo. Lo primero que sorprendió a Proust fue el estado nativo del metal, es decir, encontrar el metal libre, dado que en la corteza terrestre el hierro se presenta en los minerales en estado oxidado debido a la presencia de oxígeno de la atmósfera (Proust, 1799). Realizó los ensayos químicos pertinentes y encontró que la muestra de Campo del Cielo consistía en una aleación con una cantidad aproximada de 90% de hierro y 10% de níquel (no fue hasta unos años antes que Proust analizara el meteorito que el níquel fue reconocido como un elemento químico nuevo tras su descubrimiento, en 1751, por Axel Cronstedt). A partir de ese momento, uno de los criterios más utilizados para identificar meteoritos es, precisamente, la cantidad de níquel que contienen, puesto que la concentración de níquel en un meteorito es un orden de magnitud mayor que la de cualquier roca de la corteza terrestre.

Proust fue el primero en encontrar níquel en un meteorito y señaló que posiblemente su interior brillante (Fig. 5) habría sido el responsable de que en su día se pensara que el meteorito contenía plata. Efectivamente, la historia arranca en 1576, cuando el capitán Hernán Mexia de Miraval condujo una expedición a la península del Chaco, Argentina, con la finalidad de hallar una gran masa de metal que utilizaban los indígenas para fabricar puntas de flecha y otros utensilios. Fue la primera expedición destinada

a encontrar un meteorito de la cual se conservan documentos escritos. Mexia de Miraval encontró el bloque de metal, de varios metros de longitud, y pensó que se trataba de la parte más externa de una gran mina de hierro. Durante los años siguientes nadie dio un paso para explotar la supuesta mina hasta que en siglo XVIII apareció la noticia que la mina de hierro también contenía plata... Así fue cómo doscientos años después Bartolomé Francisco de Maguna capitaneó la segunda expedición a Campo del Cielo en 1774. La expedición de Francisco de Maguna encontró el bloque de metal con facilidad gracias al informe de Mexia de Miraval, y calculó su peso en veintitrés toneladas. Francisco de Maguna sacó muestras del bloque de metal (*Mesón de fierro*) y las envió a las Cortes Reales de Madrid. Unos meses más tarde llegó un informe de las Cortes Reales en el que se decía que el metal estaba constituido por un 80% de hierro de pureza extraordinaria, y que el 20% restante era plata! El virrey de Buenos Aires, Pedro de Ceballos, solicitó urgentemente al rey de España un cargamento de mercurio para poder hacer la extracción de la plata. El cinco de junio de 1778 se enviaron cerca de noventa toneladas de mercurio desde Almadén a Buenos Aires. Mientras todo esto ocurría, otro oficial, Francisco de Serra y Canals, no se acababa de creer el informe de las Cortes Reales y realizó, por su cuenta, más análisis químicos, encontrando que en las muestras del Mesón de fierro no había rastro alguno de plata. Cuando el virrey se enteró que los análisis realizados por Serra y Canals no concordaban con el informe de las Cortes Reales no dudó en encargar a otro explorador una nueva expedición al Chaco para extraer nuevas muestras. La tercera expedición a Campo del cielo partió el veinte de julio de 1779 y fue capitaneada por Francisco de Ibarra. Francisco de Ibarra volvió con nuevas muestras del bloque de metal y el Virrey las envió a Madrid para que fueran analizadas otra vez, ¡ya no había más plata! No obstante, a finales del siglo XVIII el hierro ya era lo suficientemente interesante en sí mismo y su demanda era cada vez mayor, de modo que en 1783 el virrey organizó otra expedición, esta vez encabezada por el académico Miguel Rubín de Celis, que tenía como objetivo delimitar el potencial del Campo del cielo como mina de hierro. Rubín de Celis mandó cavar a los más de doscientos hombres que lo acompañaban una fosa alrededor del Mesón de fierro y lo que encontraron fue una masa de hierro muy irregular y llena de cavidades. Pero lo que más sorprendió a todos fue que se trataba de un bloque aislado de metal, no una mina como se creía. Rubín de Celis no contempló la posibilidad de que el Mesón de fierro pudiera ser un meteorito, sino que concluyó que se trataba de un bloque expulsado por un volcán. De este modo llegó a la conclusión de que el bloque de metal no tenía ningún interés como para ser explotado como fuente de hierro y allí lo dejó. Rubín de Celis escribió un informe detallado de su expedición y del Mesón de fierro que fue traducido al inglés, francés y alemán y publicado en las principales revistas científicas de toda Europa, incluyendo los *Annales de Chimie*, donde lo leyó Proust (Llorca, 2011).

Durante todo el siglo XIX y a medida que el Chaco se fue poblando por colonos europeos se encontraron más meteoritos en Campo del cielo, algunos de



Fig. 5. Meteorito de Campo del Cielo. El aspecto metálico y brillante de su interior se debe a que está constituido esencialmente por aleaciones de hierro y níquel junto a otros elementos en estado metálico (cortesía del autor).

ellos de más de una tonelada de peso. Uno de los bloques más famosos fue el denominado *Otumpa*, que se encontró en 1803 y que fue utilizado, precisamente, para forjar armas para la Guerra de la Independencia contra España. Hoy en día se han encontrado miles de fragmentos del meteorito, que suman en total más de cincuenta toneladas, y se han localizado más de veinte cráteres de impacto, algunos de ellos de varios metros de profundidad, dispersados en un área de unos mil trescientos kilómetros cuadrados.

Edward Howard y Jacques Louis de Bournon

Mr. Howard está analizando ciertas piedras producidas por meteoros feroces, cuyos componentes abrirán con toda probabilidad nuevas especulaciones y discusiones. Joseph Banks (1800), en ocasión de la entrega de la medalla Copley de la Royal Society a Edward Howard.

Con todo esto, mientras Proust hablaba del metal que caía del cielo como un material con características propias y completamente distinto a todas las aleaciones que hasta entonces se conocían, empezaron a estar disponibles otros meteoritos que se habían visto caer en distintos lugares y que añadían material fresco al que ya existía. Así, por ejemplo, el dieciséis de junio de 1794, poco después de que el libro de Chladni viera la luz, cayó una auténtica lluvia de piedras en Siena, Italia, donde se recogieron más de doscientos fragmentos. Un año y medio después, el trece de diciembre de 1795, un meteorito de gran tamaño cayó en Wold Cottage, Reino Unido. También hubo una lluvia de meteoritos sobre Benarés, India, el diecisiete de diciembre de 1798, y en el mismo año otra en Salles, cerca de Lyon, Francia. La sucesión de todas estas caídas y el interés creciente que había suscitado el libro de Chladni en las sociedades científicas hizo que Sir Joseph Banks, presidente de la Royal Society de Londres, al ver que las muestras que había obtenido de las caídas de Siena y Wold Cottage guardaban un parecido intrigante, pidiese al químico Edward Howard (1774–1816) que las analizase para tratar de saber qué eran.

Howard se tomó el reto muy en serio y en unos meses consiguió además muestras de otros meteoritos rocosos, como el que cayó en Senegal en 1716 y en Steinbach y Tabor, Bohemia, en 1724 y 1753. Con todo este material en sus manos, Howard pidió la ayuda de

Jacques Louis de Bournon, conde de Bournon (1751–1825), otro destacado químico que se vio obligado a huir de Francia durante el periodo del Terror. Jacques Louis de Bournon disgregó de manera manual y con mucha paciencia cada una de las piedras y clasificó su contenido en cuatro tipos de componentes bien diferenciados. Estos eran granos de metal, granos de sulfuros, unas esférulas pequeñas de entre 0,2 a 1 milímetro de diámetro que llamó con el nombre de “glóbulos curiosos” y el resto o matriz que mantenía unidos a los componentes anteriores (Fig. 6).



Fig. 6. Interior de un meteorito rocoso (condrita ordinaria) como los analizados por Howard y Louis en el que se distinguen los “glóbulos curiosos” o cóndrulos, los granos de metal y de sulfuro y la matriz (cortesía del autor).

A continuación, Howard analizó cada uno de los componentes de cada meteorito de forma separada y encontró, en primer lugar, que los granos de metal eran aleaciones de hierro y níquel similares a las que Proust había encontrado en los trozos de metal errático de Campo del Cielo. En segundo lugar, los granos de sulfuro tenían la composición estequiométrica correspondiente al sulfuro de hierro(II), o FeS. Howard y de Bournon bautizaron a esta fase mineral inicialmente como *pirita rara* (la pirita es FeS₂), que más tarde se llamaría troilita, en honor al monje benedictino Dominic Troili, quien describió en el año 1766 la caída de un meteorito sobre Albareto, en Italia. En tercer lugar, fueron los primeros en describir y estudiar los “glóbulos curiosos”, que ahora conocemos con el nombre de *cóndrulos* y son gotas de silicatos fundidos y enfriados de manera repentina en el espacio. Los dos investigadores observaron además que todos los meteoritos que habían estudiado con tanto detalle eran muy parecidos entre ellos, pero en cambio muy diferentes a cualquier otra roca de la Tierra (Howard et al., 1802).

Jean Baptiste Biot y el meteorito L’Aigle

Al final encontré algunas de las piedras, y sus características físicas me parecieron que no admitían duda alguna acerca de la veracidad de su caída. Jean Baptiste Biot (Bibliotheca Britannica. 1803, 23, 394), con ocasión de la caída del meteorito de L’Aigle.

El veintiséis de abril de 1803, alrededor de la una del mediodía, tuvo lugar la caída de más de tres mil piedras en L’Aigle, Normandía, Francia, a unos ciento cuarenta kilómetros al noroeste de París. La Academia de Ciencias francesa, inquieta con los resultados de Proust y Howard que contradecían a Lavoisier, encargó el estudio del acontecimiento al joven Jean Baptiste Biot (1774–1862), de veintinueve años. Biot guardaba en un bolsillo los meteoritos que iba encontrando o que la gente le iba dando, y en el otro llevaba

una libreta donde anotaba con todo detalle los relatos que contaban los campesinos, militares, curas, comerciantes,... Biot realizó un estudio sistemático y muy meticuloso acerca de la caída del meteorito de L'Aigle. Fue el primero en realizar un trabajo de campo para estudiar la distribución de los fragmentos de la lluvia de meteoritos, que resultó ser la de una elipse de once kilómetros cuadrados con una distribución granulométrica perfecta, con los ejemplares más pesados en el extremo más alejado del eje mayor respecto a la bola de fuego y los más pequeños en el otro extremo. Esta distribución estaba de acuerdo con la explosión en el aire de un cuerpo viajando de manera oblicua a gran velocidad que, además, tuvo lugar en un día totalmente soleado.

Los meteoritos que recogió Biot en L'Aigle eran, una vez más, muy parecidos a los que se habían recogido en los últimos años en todo el mundo. Las conclusiones de Biot, recopiladas en un extenso informe, estaban totalmente de acuerdo con las ideas expuestas en el libro de Chladni (Biot, 1803). La descripción de la distribución elíptica de las piedras caídas en L'Aigle junto con todos los datos y relatos recogidos del acontecimiento permitieron a Biot ingresar en la Academia de Ciencias francesa. En el día de su ingreso, el presidente de la Academia dijo de Biot que “*se descubre a un hombre que con su penetración, pensamiento y paciencia había constatado este trastorno aparente de la naturaleza.*”

CONCLUSIONES

Gracias a los trabajos de científicos como Chladni, Proust, Howard y Biot se pasó en pocos años de considerar a las piedras y trozos de metal que caían del cielo como rarezas fantasiosas a tenerlas como una de las muestras más apreciadas y valiosas desde el punto de vista científico. Si estos objetos eran fragmentos de otros mundos que se encontraban deambulando por el espacio, entonces su estudio tenía que ser fascinante y tenía que permitir, por primera vez, saber cómo podían ser otros cuerpos del universo. Los meteoritos dejaron de ser “trastornos de la naturaleza” y “mensajeros divinos” para convertirse en muestras científicas exclusivas. Así fue como los museos de ciencia de todo el mundo se interesaron por conseguir muestras de meteoritos en sus vitrinas. Hoy en día, algunas de las colecciones de meteoritos más antiguas y emblemáticas se encuentran en la Smithsonian Institution, en Washington, y en los Museos de Historia Natural de Londres, París, Nueva York, Chicago, Berlín y Viena. Todas ellas juntas suman decenas de miles de fragmentos. A partir de entonces, los meteoritos se han convertido en muestras naturales muy apreciadas por los científicos, que los estudian y analizan con sofisticadas técnicas experimentales. Gracias a su estudio se ha podido determinar la abundancia y distribución de los elementos químicos y minerales en el universo, en las estrellas, en la Tierra, los asteroides, la Luna y Marte. También han servido para estudiar la formación y reactividad de los primeros sólidos en el Sistema Solar, conocer y datar los procesos geológicos de alteración acuosa y/o hidrotermal y el magmatismo en los cuerpos planetarios, estudiar la formación de las primeras moléculas orgánicas en el espacio, y un largo etcétera que incluye

aspectos fundamentales tanto de la geología como de la física, la química y otras áreas (Llorca, 2004b). Sin duda, ison piedras Rosetta para la ciencia!

BIBLIOGRAFÍA

- Biot, J.B. “Relation d'un voyage fait dans le département de l'Orne pour constater la réalité d'un météore observé à l'Aigle le 6 floréal an XI”, Baudouin, Paris 1803.
- Bjorkman, J.K. “Meteors and meteorites in the ancient near east”, *Meteoritics* 1973, 8, 91-132.
- Chladni, E.F.F. “Über den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlicher Eisenmassen und Über Einige Damit in Verbindung stehende Naturscheinungen”, Johann Friedrich Hartknoch, Riga 1794.
- D'Orazio, M. “Meteorite records in the ancient Greek and Roman literature: Between history and myth”, *Geological Society Special Publications* 2007, 273, 215-225.
- Fourgeroux, A.D., Cadet, L.C., Lavoisier, A. “Rapport fait à l'Académie Royale des Sciences, d'une observation communiquée par M. l'Abbe Bachelay, sur une pierre qu'on prétend être tombée du ciel pendant un orage”, *Journal de Physique, de Chimie et d'Histoire Naturelle* 1777, 2, 251-255.
- Howard, E.C., de Bournon, J.L., Williams, “J.L. Experiments and observations on certain stony and metallic substances, which at different times are said to have fallen on the Earth; also on various kinds of native iron”, *Philosophical Transactions of The Royal Society of London* 1802, 92, 168-175.
- Huntington, P.A.M. “Robert E. Peary and the Cape York Meteorites”, *Polar Geography* 2002, 26, 53-65.
- Llorca, J. “Meteoritos y cráteres”, Ed. Milenio, Lleida, 2004.
- Llorca, J. “Organic matter in meteorites: A review”, *International Microbiology* 2004b, 7, 239-248.
- Llorca, J., Trigo, J.M., Ortiz, J.L., Docobo, J.A., García, J., Castro, A., Rubin, A.E., Eugster, O., Edwards, W., Laubenstein, M., Casanova, I. “The Villabeto de la Peña meteorite fall: I. Fireball energy, meteorite recovery, strewn field and petrography”, *Meteoritics and Planetary Science* 2005, 40, 795-804.
- Llorca, J., Casanova, I., Trigo-Rodríguez, J.M., Madiedo, J.M., Roszjar, J., Bischoff, A., Ott, U., Franchi, I.A., Greenwood, R.C., Laubenstein, M. “The Puerto Lápice eucrite”, *Meteoritics and Planetary Science* 2009, 44, 159-174.
- Llorca, J. “Meteoritos: Química e historia”, *Anales de la Real Sociedad Española de Química* 2011, 2, 167-174.
- Martín Escorza, C. “Fenómenos meteoríticos ocurridos en España”, *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza* 1987, 3, 51-68.
- Marvin, U.B. “The meteorite of Ensisheim – 1492 to 1992”, *Meteoritics* 1992, 27, 28-72.
- Marvin, U.B. “Ernst Florens Friedrich Chladni (1756–1827) and the origins of modern meteorite research”, *Meteoritics and Planetary Science* 1996, 31, 545-588.
- Proust, J.L. “Sur le fer natif de Pérou”, *Journal de Physique, de Chimie et d'Histoire Naturelle* 1799, 49, 148-149.
- Rubín de Celis, M. “An account of a mass of native iron found in South America”, *Philosophical Transactions of The Royal Society of London* 1788, 78, 37-42. ■

Este artículo fue solicitado desde ECT el día 22 de julio de 2013, y aceptado definitivamente para su publicación el 21 de diciembre de 2013