

Los meteoritos

por J. Martínez Frías, J. García Guinea y R. Benito García

Las rocas que llegan desde el espacio tienen un origen y características que las convierten en los ejemplares de mayor interés petrológico, mineralógico y geoquímico.

Los meteoritos caídos en España de la colección del Museo Nacional de Ciencias Naturales son una excelente muestra.



Lámina I-A. Sección del meteorito de Colomera en la que se observa la textura de tipo Widmanstätten constituida fundamentalmente por un entrecruzado de bandas de kamacita y taenita. Colección del MNCN de Madrid.

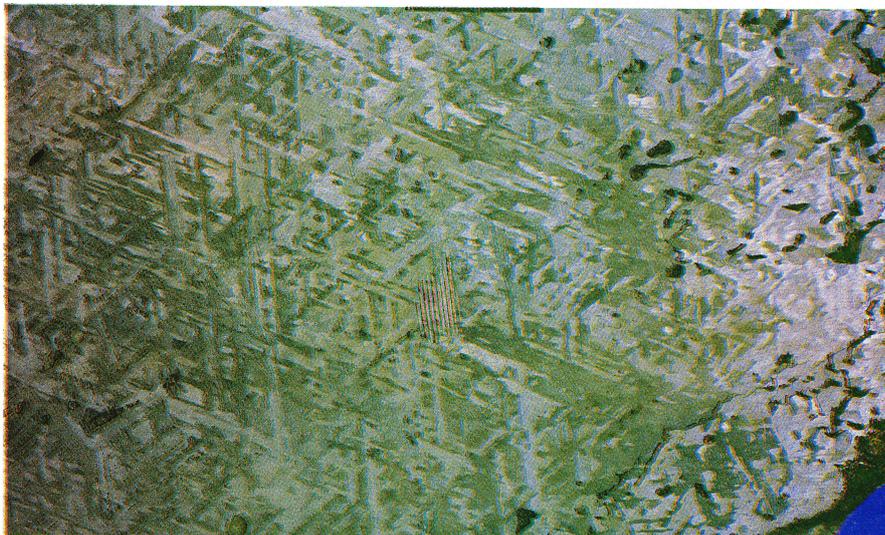


Lámina I-B. Detalle de la fotografía A donde se aprecia el entramado y amplitud de las bandas que es de $0,7 \pm 0,2$ mm. con una relación longitudanchura ($L/W = 10$). Colección del MNCN de Madrid.

El sistema solar está constituido por el Sol, nueve planetas, 32 satélites conocidos, (y un sistema de anillos), varios miles de asteroides visibles telescópicamente, más de 105 cometas, meteoroides, polvo interplanetario, y un plasma tenue y transitorio (el viento solar).

Aspectos científicos: su caracterización general

Aunque, actualmente el estudio de los meteoritos despierta un enorme interés, y constituye en la práctica un dominio científico por sí mismo, ya en 1794 E.F.F. Chladni, investigador de la Universidad de Berlín, publicó en alemán en Riga (Rusia) su obra «Über den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlicher Eisenmassen». Chladni presentó pruebas irrefutables de la procedencia extraterrestre de los meteoritos, así como informes auténticos de avistamientos en varios países. Sin embargo, hasta comienzos del siglo XIX los meteoritos no fueron reconocidos de forma general. Las caídas no empezaron a considerarse fenómenos naturales, hasta que Biot, un miembro de la Academia de París, volvió a corroborar las ideas de Chladni, después de estudiar la caída, que tuvo lugar el 26 de abril de 1803, cerca de la torre del Aguila, en el norte de Francia. Tuvo que pasar aún un tiempo para que los científicos aceptaran el origen extraterrestre de los meteoritos, sólo unos pocos como Olbers en Alemania y Howard en Gran Bretaña, siguieron desde un principio las ideas de Chladni.

Una vez que su origen fue reconocido, los meteoritos ganaron rápidamente la popularidad y el interés de los científicos. Numerosos museos empezaron a coleccionarlos e investigadores de todo el mundo desarrollaron estudios sobre su composición, estructura, propiedades físicas y químicas etc. Esta euforia tuvo como resultado, que al final del siglo XIX, existieran cientos de análisis detallados, el descubrimiento de nuevos minerales, y el descubrimiento de una serie de peculiaridades específicas para diferenciarlos de rocas terrestres. Históricamente destacan algunos estudios, como los realizados por Simashko,⁽¹⁾ Cohen,⁽²⁾ concretamente este último,

J. Martínez Frías, J. García Guinea y R. Benito García pertenecen al Departamento de Geología Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Madrid.

*Deseamos agradecer a J. Arroyo los trabajos de delineación, y al equipo de fotógrafos del MNCN (CSIC) las reproducciones de los meteoritos. Nuestro agradecimiento, también, para el Dr. Martín Escorza quien revisó críticamente el manuscrito.



Foto 1. Lugar de caída del
Meteorito de Ouelx Altos
(Puerto del Pico, Cavadón).
Orificio de unos 35 cm de
profundidad (10 de diciembre
de 1926) (González
Nájera, 1929).

¿Cuál es el origen de los enigmáticos cóndrulos?

realizó la ardua tarea de describir de forma sistemática la composición y morfología de todos los meteoritos conocidos hasta la época. Wulffing⁽³⁾ compiló todas las referencias existentes; Farrington⁽⁴⁾ clasificó desde un punto de vista geográfico todos los meteoritos norteamericanos; Vernadsky⁽⁵⁾ propuso la comparación de las características de los meteoritos con las de nuestro planeta etc.

El tamaño, el peso y las morfologías de los meteoritos son muy variables, dependiendo casi exclusivamente de los efectos de abrasión durante su entrada en la atmósfera, en relación con sus proporciones y formas originales. A veces presentan, marcas muy características, como los *regmaglifos*, típicos de los sideritos, que pueden definirse como cavidades producidas en la superficie del meteorito, debidas a la acción de las corrientes supersónicas de aire turbulento, durante su vuelo descendente al entrar en la atmósfera.

Los datos de concentraciones de los elementos químicos, que se encuentran en mayor y menor proporción, son muy importantes para la clasificación de los meteoritos, (particularmente cuando la estructura petrológica original ha sido alterada). Los principales elementos constituyentes son: Al, Ar, Ca, C, Cl, Cr, Co, Cu, He, Mg, Mn, Ni, N, O, P, K, Si, Na, S, Sn, y Ti. Todos ellos se agrupan dando lugar a una serie de minerales, de los cuales, en la Tabla I, se han listado los más representativos que se distribuyen diferencialmente de manera que es posible distinguir una se-

rie de familias de meteoritos, atendiendo a su composición: I.— Condritos; II.— Acondritos; III.— Siderolitos y IV.— Sideritos.

Los *condritos* son un tipo de aerolitos, (lititos), caracterizados por contener esférulos de silicatos de tamaño milimétrico, condritos o cóndrulos, y poseer un contenido en Fe, que oscila entre el 19-35% en peso; este hierro se encuentra como hierro níquelífero libre, en forma de troilita o en silicatos. Pueden dividirse en 6 grandes grupos, de acuerdo a su composición:

- E Enstatíticos (± Fe-Ni)
- H ricos en olivino-bronzita (± Fe-Ni)
- L ricos en olivino-hiperstena (± Fe-Ni)
- LL..... Anfoteritos (Olivino, bronzita, hiperstena y plagioclasas)
- C3-4..... Carbonáceos, tipo 3-4 (olivino, piroxenos y componentes orgánicos)
- C1-2..... Carbonáceos, tipo 1-2 (Clorita, sulfatos y componentes orgánicos), Condritos anómalos

Dentro de este grupo, dos son los principales interrogantes que se presentan: ¿Qué significado tiene la presencia de componentes orgánicos en los condritos carbonáceos?; ¿Cuál es el origen de los enigmáticos cóndrulos? La respuesta a la primera pregunta parece estar en las denominadas reacciones de Fischer-Tropsch: a partir de moléculas simples, tales como CO, H₂ y NH₃, en el sistema solar primitivo, se sintetizaron so-

bre las superficies de los granos de polvo, una serie de complejos, (aminoácidos abiogénicos) debidos a la acción catalítica del Fe-Ni y la magnetita. Por otro lado, y con respecto al origen de los cóndrulos, *son objetos primarios* que se condensaron por enfriamiento lento de una nebulosa gaseosa de composición solar y que posteriormente fueron acreccionados para formar el cuerpo meteorítico padre. La segunda hipótesis sugiere que los cóndrulos son *objetos secundarios* formados a partir de sólidos ya existentes por procesos tales como volcanismos, impactos, procesos de fusión por choques entre el polvo primitivo, descargas eléctricas etc.

Los *acondritos* forman un grupo de lititos heterogéneos caracterizados por la ausencia de cóndrulos con menor proporción en Fe—aproximadamente 14% en peso— y por ser en cierta medida análogos, a algunas rocas terrestres tales como diabasas, dunitas, piroxenitas, etc. La mineralogía y texturas de muchos acondritos sugiere que, a diferencia de los condritos, en algún momento de su historia estuvieron totalmente fundidos y que cristalizaron a partir de un magma.

Los acondritos se dividen en 5 tipos, dependiendo fundamentalmente de su contenido en Ca:

- Pobres en Ca (0,3-1,9%)
- Au Aubritas (enstatita, forsterita)
- Di Diogenitas (Bronzita)
- U Ureilitas (Olivino, Fe-Ni, diamante)
- Ricos en Ca (3-8%)
- Ho Howarditas (Hiperstena, plagioclasa)
- Eu Eucritas (Piogeonita, plagioclasa). Acondritos anómalos

Los *siderolitos* constituyen un grupo intermedio entre los lititos y sideritos caracterizados por lo tanto por una parte silicada y otra metálica. Se clasifican en: 1) Pallasitos (P), con olivino y Fe-Ni; 2) Mesosideritos (M), con piroxeno, Fe—Ni y tridimita.

Finalmente, los *sideritos* se encuentran casi totalmente constituidos por fases metálicas. Para su clasificación se han propuesto tres tipos de divisiones: una exclusivamente estructural basada en la caracterización de sus estructuras primarias, siendo el factor decisivo el tamaño y la morfología de los cristales de Kamacita; una segunda clasificación, de tipo químico, basada en la determinación de las proporciones de Ni, Ga, Ge, I y P; y por último una de tipo mineralógico-estructural que es actualmente la más utilizada.

Sideritos

I Octaedritas ricas en inclusiones de grano grueso (Kamacita, taenita, grafito, silicatos, carburos)

I-An Sideritos ricos en inclusiones (Kamacita, taenita, grafito, silicatos, carburos)

- (1) Ju.L. Simanshko, *Niva*, (3), 61-86; (7), 190-195; (12), 314-316, 1889.
- (2) E. Cohen, *Meteoritenkunde*, H1, H2, H3. Stuttgart, 1894, 1903 y 1905.
- (3) E.A. Wulffing, *Die Meteoriten in Sammlungen und ihre Literatur*. Tübingen, 461 p., 1897.
- (4) O.C. Farrington, *Catalogue of the Meteorites of North America*. *Memories of the National Academy of Science*, Washington, 13: 513 p. Maps, 1915.
- (5) V. Vernadsky, *Meteoritika*, 1, 3-22, 1941.

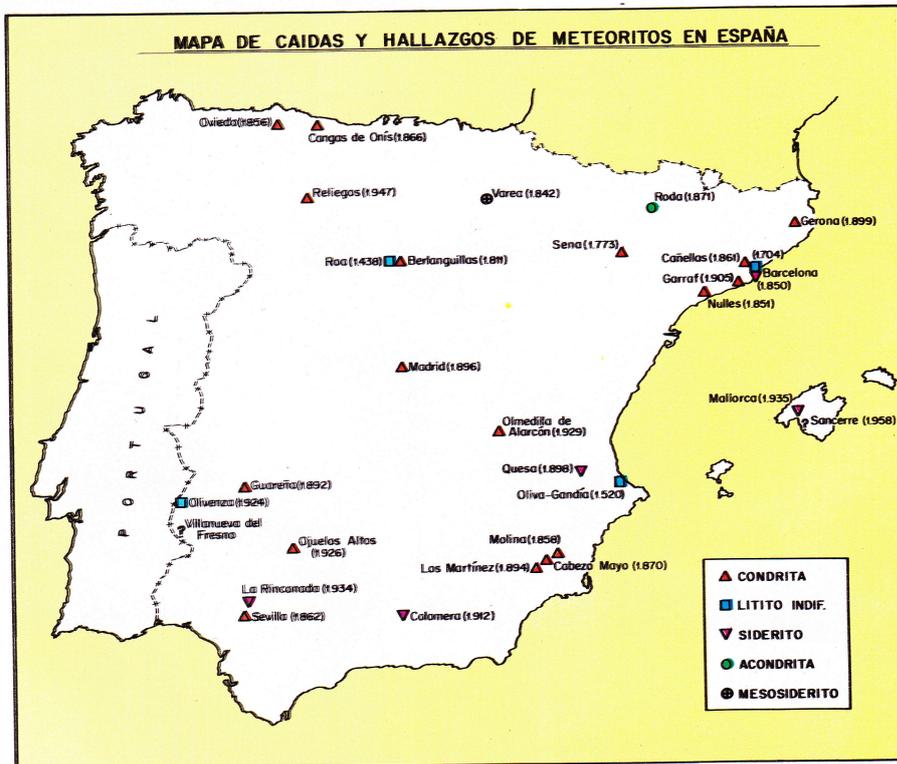


Figura 1. Mapa explicativo en el que se resumen las «caídas» españolas en el orden que se encuentran en Graham y col., exceptuando Varea, reseñando el peso de los especímenes que se encuentran en el MNCN de Madrid.



Lámina I-C. Fragmento del mesosiderito de Barea, clasificado como Varea en Graham y col. (1986). Colección del MNCN de Madrid.



Lámina I-D. Aspecto de uno de los fragmentos de la condrita caída en Olivenza, Badajoz. Colección del MNCN de Madrid.

IIA Hexaedritas (Kamacita, daubreelita)

IIB Octaedritas de grano muy grueso (Kamacita, taenita)

IIC Octaedritas plessíticas (Kamacita, taenita)

IID Octaedritas de grano medio (10-11,5% de Ni) (Kamacita, taenita)

IIIA Octaedritas de grano medio (7-8,8% de Ni) (Kamacita, taenita, troilita)

IIIB Octaedritas de grano medio (8,6-10,6% de Ni) (Kamacita, taenita, fosfatos)

IIIC Octaedritas de grano fino (10,5-13,5% de Ni) (Kamacita, taenita, carburos)

IIID Octaedritas de grano muy fino (Kamacita, taenita, carburos)

IIIE Octaedritas de grano grueso (Kamacita, taenita, cohenita, grafito)

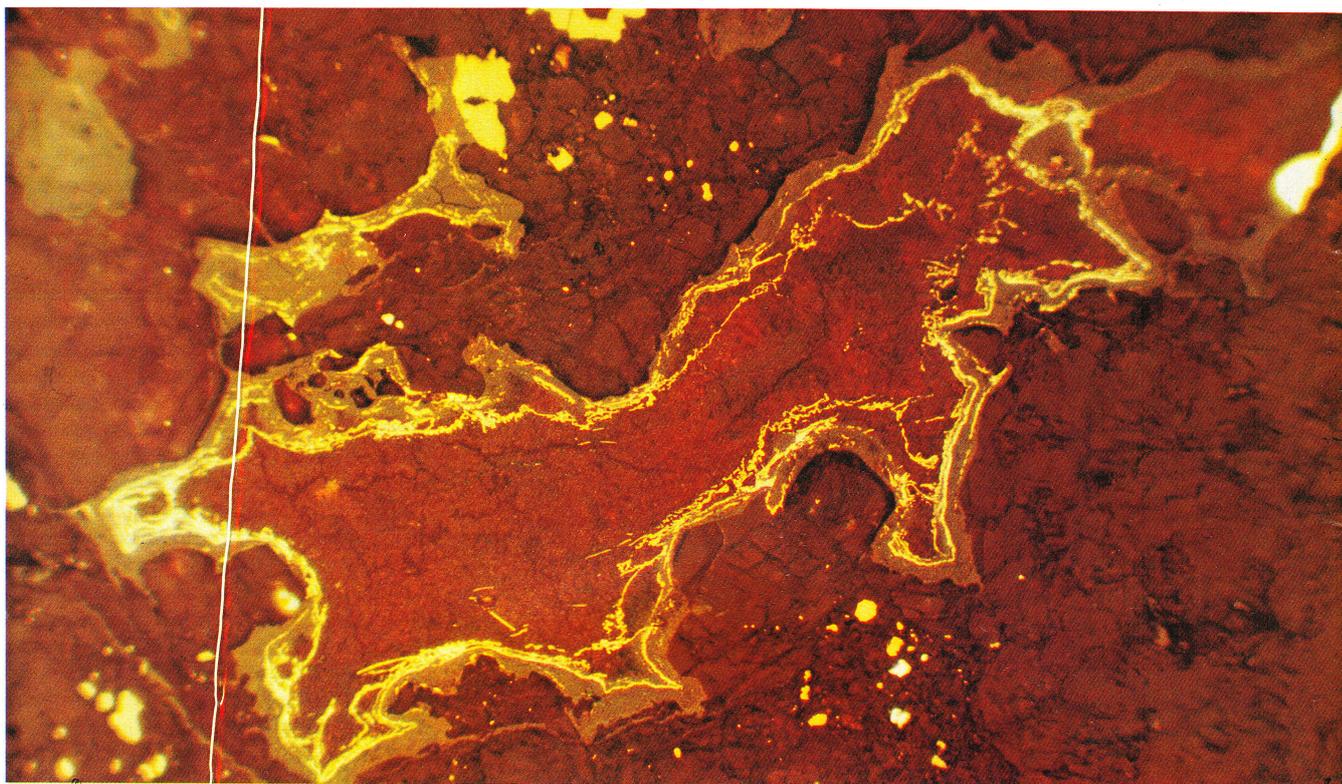
IVA Octaedritas de grano fino (7,5-10% de Ni) (Kamacita, taenita)

IVB Ataxitas (Kamacita, taenita). Sideritos anómalos (Kamacita, taenita, silicatos, grafito). Sideritos sin calificar

El estudio de las principales estructuras primarias y secundarias permite conocer en parte, los procesos que dieron lugar a su formación, y aventurar la forma en que tuvo lugar el proceso de enfriamiento. Las estructuras primarias más representativas de los meteoritos son las denominadas bandas de «Widmanstätten». Éstas son características de las octaedritas, aunque aparecen también en muchos sideritos anómalos, y mesosideritos. Consisten en un entrecruzado de laminillas de kamacita, que se dispone paralelamente a cuatro planos cristalográficos definidos por las caras de un octaedro imaginario, de ahí el nombre de octaedritas. Actualmente se supone un origen de estas bandas por la descomposición de una solución sólida bifásica, estable a alta temperatura, que da como resultado la independización de dos fases minerales, una mayoritaria denominada fase patrón, y otra que aparece en menor proporción orientada, fase huésped. El estudio quimicomposicional de estas bandas mediante técnicas de análisis puntual (microsonda electrónica), permite calcular la pauta del proceso de enfriamiento que oscila, a grandes rasgos, entre rangos de valores absolutos de 0,4 a 500° C por cada millón de años.

Con respecto a las estructuras de carácter secundario posiblemente la más características son las indicadoras de: 1) procesos de formación plástica y frágil por impactos; 2) transformaciones químicas y mineralógicas en estado sólido; 3) alteraciones debidas a la temperatura y 4) transformaciones mineralógicas, posteriores a la caída, debidas a la acción de los agentes externos.

El estudio de los meteoritos proporciona una interesante información: su edad, así como los eventos que los marcaron a lo largo de su historia cósmica. Las dataciones se realizan, mediante análisis espectrométricos de los núclidos estables y radiactivos y per-



(6) E. Anders, *Origin, Age and Composition of Meteorites*. Space Science Review, 3: 583-714, 1964.

Interrelations of Meteorites, Asteroids and Comets. Physical Studies of Minor Planets (editor T. Gehrels), Proceedings of the 12th Colloquium of International Astronomical Union, Tucson, Arizona, 429-446 1971, marzo. (7) I.F. Lóvering, *The Evolution of the Meteorites*.

Evidence for the coexistence of Chondritic, Achondritic and Iron meteorites in a typical parent meteorite body. In: Researches on Meteorites, edited by C.B. Moore, 179-197, 4 figuras, 1962.

(8) L. Fernández Navarro, *Los Meteoritos del Museo de Madrid*. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural 23, 224-233, 1923.

miten identificar entre otros, los siguientes eventos:

- Nucleosíntesis (^{129}I y ^{244}Pu)
- Solidificación de los cuerpos padres (U, Th, ^{87}Rb , ^{40}K y otros)
- Fragmentación de los cuerpos padres (^{36}Cl , ^{39}Ar , ^{40}K)
- Caída de los meteoritos (HE, NE, Ar, K y otros)

Finalmente, y con respecto a la procedencia de los meteoritos, aún se mantiene, aunque con ciertas reservas, la hipótesis que identifica a los asteroides como la fuente de los mismos. Las órbitas asteroideales fluctúan debido a las influencias gravitacionales de Marte y Júpiter, provocando la caída de fragmentos a la Tierra. En este sentido algunos autores, como Anders,⁽⁶⁾ consideran los problemas asociados con esta interpretación concluyendo que la mayoría de los meteoritos proceden de un pequeño número (6 a 11) de cuerpos padres con radios que oscilan entre 100 y 300 Km y con excentricidades orbitales suficientemente importantes para permitir su colisión. De esta forma los fragmentos serían capaces de atravesar la órbita de Marte. Los principales asteroides «anómalos» que reúnen estas características son Hidalgo, Eros, Kepler, Amor, Apolo, Hermes, Ícaro, Geógrafo. Según estas hipótesis, y siguiendo el esquema clásico de Lóvering,⁽⁷⁾ se sugiere que la evolución general de los cuerpos padres seguiría las siguientes etapas: 1) Reducción del material condritico primario, rico en volátiles, para formar los distintos tipos de condritos. 2) Metamorfismo del material condritico, con algo de fusión, y diferenciación subsecuente de este material

fundido, para formar los acondritos y sideritos. Se supone que el momento magnético natural de los condritos se adquiere en este estadio. 3A. Mezcla del material acondritico y condritico, para formar los meteoritos del tipo «Cumberland Falls». 3B. Intrusión de la fase metálica líquida, en la mezcla acondrito-condrito para formar siderolitos del tipo «Bencubbin». 3C. Intrusión de la fase metálica líquida en el material acondritico para formar los apallasitos y mesosideritos.

Aspectos históricos: La colección del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid

Con anterioridad al siglo XVIII, los motivos que impulsaron la preservación de los meteoritos estaban relacionados con supersticiones relacionadas con su caída (luces multicolores, estelas, detonaciones, etc.). Realmente su recolección no tuvo una finalidad puramente científica hasta principios del siglo XIX. Las primeras colecciones fueron las de los museos europeos. El Real Gabinete de Viena, que se convirtió posteriormente en el Museo de Historia Natural, obtuvo su primer meteorito en el año 1747. En 1805 el número de especímenes era de tan sólo 8 «caídas». En 1835 alcanzó el número de 56 y en 1856 se amplió hasta 136. Actualmente existen más de 650 especímenes. El Museo Británico disponía en 1807 de tan sólo 4 meteoritos, que pasaron a ser 68 en 1860 y que en la actualidad sobrepasan los 600. La colección del Museo de Historia Natural de París poseía tan sólo unos cuantos especímenes a principios del siglo XIX, que alcanzaron en 1860 un número de

64. Actualmente la colección sobrepasa los 600 ejemplares. En Berlín, el Museo Real de Historia Natural recibió una importante cantidad de ejemplares procedente de la colección de Chladni (50 muestras), número que ha ido aumentando hasta nuestros días tal y como sucedió con los otros museos. Existen otras colecciones importantes en Budapest, Estocolmo, Göttingen, Dorpat, Greifswald, Estrasburgo, etc. Sin embargo, posiblemente los datos más sorprendentes corresponden al número total de meteoritos, contando caídas y hallazgos, en EEUU (920), Australia (218), URSS (176), y la India (124).

En el Museo Nacional de Ciencias Naturales existe una importante colección de meteoritos, más de 217 especímenes, que corresponden a unos 155 meteoritos distintos. La información que de ellos se dispone es muy somera, ya que salvo algunas excepciones, únicamente existen datos sobre su tamaño, peso, morfología, y composición y clasificación aproximadas. La colección fue organizada por el Marqués del Socorro, tomando como base algunos ejemplares antiguos que se encontraban en el Museo, y algunos cambios y compras que logró hacer. Esta colección según datos de Fernández Navarro,⁽⁸⁾ tomados de Gredilla, constaba en 1886 de 68 ejemplares, representando 64 localidades. También según Fernández Navarro (op. cit.), al hacerse cargo el Sr. Calderón, de la sección de Mineralogía, prestó especial atención a los meteoritos, cuyo número aumentó rápidamente, en gran parte, por el donativo de su colección particular. En un catálogo de 1916, figuran ya 99 ejemplares de 94 loca-

Lámina II-A. Alteración a través de microfisuras de los granos de kamacita (blanco), con formación de goethita (gris oscuro), y hematitas (gris claro). Meteorito de Cangas Onís. LR NP.

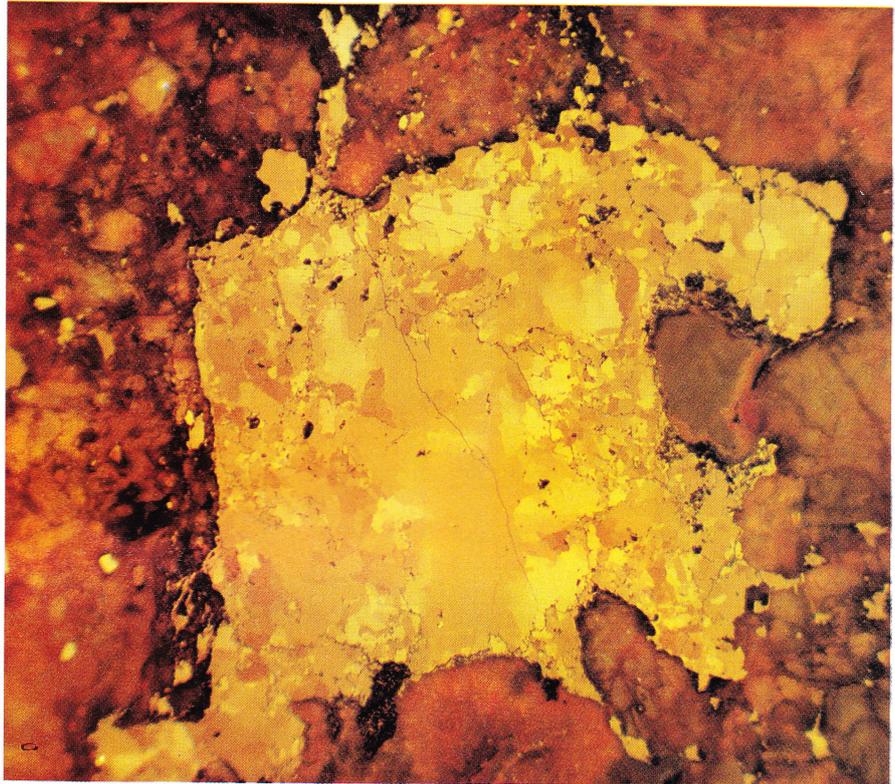
Lámina II-B. Masa policristalina de troilita rellenando cavidades en la matriz silicatada. La polygonalización se debe probablemente al impacto. Meteorito de Cangas de Onís. LR NP.

lidades distintas. En 1923 el Museo poseía 168 meteoritos, representantes de 131 caídas, número que ha seguido aumentando hasta nuestros días.

La mayoría de los estudios existentes sobre los meteoritos de la colección son de finales del siglo XIX y principios y mediados del siglo XX, entre los que destacan los de Solano y Eulate,⁽⁹⁾ De Lucano,⁽¹⁰⁾ Calderón y Quiroga,⁽¹¹⁾ Gredilla,⁽¹²⁾ Calderón y Rodríguez Mourelo,⁽¹³⁾ Calderón,⁽¹⁴⁾ Fernández Navarro,⁽¹⁵⁾ Cardoso,⁽¹⁶⁾ Royo y Gómez,⁽¹⁷⁾ Gómez de Larena y Rodríguez Arango,⁽¹⁸⁾ y Baselga y Recarte,⁽¹⁹⁾. Los últimos estudios realizados corresponden a los meteoritos de: Villanueva del Fresno, en 1953, Pulter, en 1958, Berlanguillas, Cabeza de Mayo, Cañelas, Cangas de Onís, Roda, Reliegos, Gerona, Madrid, Molina, Nulles, Ojuelos Altos (foto 1), Sena, Sevilla y Oviedo, todos ellos en 1963; Olmedilla de Alarcón, en 1968, Guareña, en 1969, Olivenza, en 1969 y 1975; Barea, en 1973; Colomera, en 1970, 1973 y 1975; y Quesa, en 1975 y 1980.

En febrero de 1983 se propone, según consta en el libro de actas de la Sociedad Española de Mineralogía, la creación del «Grupo español de trabajo sobre meteoritos y Geoplanetología», propuesta que fue aceptada, pero que hasta el momento no ha tenido ninguna repercusión. Destacan sin embargo, los trabajos de inventariado realizados por Elbert A. King, Alfredo San Miguel, Ignacio Casanova y Klaus Keil,⁽²⁰⁾ quienes con el apoyo de personal científico y técnico del Museo realizaron un listado actualizado de los meteoritos de la colección con su peso, tamaño, morfología y características composicionales «de visu». En la actualidad se está realizando un estudio sistemático de los meteoritos del Museo en el Instituto de Meteoritos de la Universidad de Nuevo México a través del Convenio de Cooperación Hispanoamericano entre el CSIC y dicho Instituto.

El conjunto de ejemplares, según datos de Graham y col.,⁽²¹⁾ corresponden a un total de 32 ejemplares españoles, de los cuales 22 de ellos son «caídas», 3 «hallazgos», y 7 dudosos. Las muestras de parte de estos 32 meteoritos, que existen en la litoteca del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, (Lámina I) se conservan actualmente intactas, junto con el resto de especímenes de la colección, a pesar de las falsas noticias sobre su sustracción, difundidas por un periódico madrileño este mismo año. A continuación se resumen las «caí-



das» (figura 1) españolas en el orden en que se encuentran clasificadas en Graham y col.,⁽²¹⁾ exceptuando Varea, reseñando el peso de los especímenes que se encuentran en el MNCN de Madrid, según datos de King y col.⁽²⁰⁾

Barcelona. Con este nombre se definen dos caídas dudosas que tuvieron lugar en la provincia del mismo nombre, la primera correspondiente a un litito en el año 1704 y la segunda a un siderito en 1850. No se conservan ejemplares en España.

Berlanguillas. Condrita rica en olivino e hiperstena caída en la provincia de Burgos en el año 1811. No se conservan ejemplares en España.

Cabeza de Mayo. Condrito rico en olivino e hiperstena caído en 1870 en la provincia de Murcia. Peso del ejemplar del MNCN: 148 g.

Cañelas. Condrito brechoide rico en olivino y bronzita caído en la provincia de Barcelona el año 1861. Peso del ejemplar del MNCN: 479 g.

Cangas de Onís. Condrita rica en olivino y bronzita, caído en la provincia de Asturias, el año 1866. Peso del ejemplar del MNCN: 10 500 g. (lámina 2)

Colomera. Octaedrita de grano medio con inclusiones de silicatos encontrada en el año 1912 en la provincia de Granada. Peso de los ejemplares del MNCN: 106 000, 12 500 y 2 445 g.

Cuenta. Posiblemente espécimen caído en Olmedilla de Alarcón (Cuenca). No se conservan ejemplares en España.

Garraf. Condrita rica en olivino e hiperstena encontrada en Barcelona el año 1905. Peso de ejemplares del MNCN: 53 y 9 g.

Gerona. Condrita brechoide rica en olivino y bronzita encontrada en Gerona el año 1899. Peso del ejemplar del MNCN: 62 g.

Guareña. Condrita rica en olivino y bronzita, caída en Badajoz el año 1892. Peso de los ejemplares del MNCN: 28 500, 3632 y 142 g.

Jubila del Agua. Condrito caído en 1908. No se conservan ejemplares en España.

La Rinconada. Siderito caído en Sevilla el año 1934. No se conservan ejemplares en España.

Los Martínez. Condrita caída el año 1894 en Cervara, provincia de Murcia. Peso del ejemplar del MNCN: 21 g.

Madrid. Condrita vetada rica en olivino e hiperstena caída el año 1896 en Madrid. Peso de los ejemplares del MNCN: 141, 28 y 20 g.

Majorca. ¿Octaedrita? caída en Mallorca el año 1935. No se conservan ejemplares en España.

Molina. Condrita brechoide rica en olivino e hiperstena caída en la provincia de Murcia el año 1858. Peso de los ejemplares del MNCN: 113 000, 13, 8, y 4 g.

Nulles. Condrita brechoide, caída en 1851 en Tarragona. Peso de los ejemplares del MNCN: 3485, 668, 103, 92, 6, 5, 2, 1, y 1 g.

Ojuelos de Altos. Condrita brechoide rica en olivino e hiperstena, caída el año 1926 en la provincia de Córdoba. Peso de los ejemplares del MNCN: 4600 g.

Oliva-Gandia. Litito caído el año 1520 en la provincia de Valencia. No se conservan ejemplares en España.

Olivenza. Condrita rica en olivino e hiperstena, anfoterita, caída en Badajoz el año 1924. Peso de los ejemplares del

(9) J.M. Solano y Eulate, «Noticia sobre un hierro meteórico». Anal. Soc. Españ. Hist. Nat. Madrid, 1, p. 183-186, 1871.

(10) J.R. De Luanco, «Descripción y análisis de los aerolitos que cayeron en el distrito de Cangas de Onís». Anal. Soc. Españ. Hist. Nat. Madrid, 3, 69-95, 1874.

(11) S. Calderón y F. Quiroga, «Estudio petrográfico del meteorito de Guareña, Badajoz». Anal. Soc. Españ. Hist. Nat. Madrid, 22, 127-142, 1893.

(12) A.F. Gredilla, «Estudio petrográfico del Meteorito de Madrid». Anal. Soc. Españ. Hist. Nat. Madrid, 25, 223-251, 1896.

(13) S. Calderón y J.R. Rodríguez Mourelo, en Acta R. Soc. Esp. Hist. Nat., 29, p. 70, 1900.

(14) S. Calderón, en Graham *et al.* (1985), *Catalogue of Meteorites*. British Museum (Natural History). Londres, p. 460, 1906.

Tabla I

Mineral	Fórmula	Mineral	Fórmula
Augita	(Ca, Mg, Fe ⁺² , Al) 2 (Si, Al) 2O ₆	Taenita	Fe (0.8Ni)O.2
Clorapatito	Ca ₅ (PO ₄) ₃ Cl	Tridimita	SiO ₂
Cristobalita	SiO ₂	Troilita	FeS
Cromita	Fe Cr ₂ O ₄	Whitlockita	Ca ₃ (PO ₄) ₂
Cohenita	Fe ₃ C	Albita	NaAlSi ₃ O ₈
Daubreeilita	FeCr ₂ S ₄	Anortita	CaAl ₂ Si ₂ O ₈
Farringtonita	Mg ₃ (PO ₄) ₂	Bronzita	Mg _{0.70-0.88} Fe _{0.30.12} Si ₃
Grafito	C	Diopsido	Ca _{0.5} Mg _{0.5} SiO ₃
Ilmenita	FeTiO ₃	Enstatita	Mg SiO ₃
Kamacita	Fe _{0.93-0.96} Ni _{0.07-0.04}	Fayalita	Fe ₂ SiO ₄
Magnetita	Fe ₃ O ₄	Ferrosilita	Fe SiO ₃
Oldamita	CaS	Forsterita	Mg ₂ SiO ₄
Pentlandita	(Fe, Ni) ₉ S ₈	Hedenbergita	Ca _{0.5} Fe _{0.5-0.3} SiO ₃
Cuarzo	SiO ₂	Hiperstena	Mg _{0.5-0.7} Fe _{0.5-0.3} SiO ₃
Rutilo	TiO ₂	Pigeonita	Cax (Mg, Fe) 1-xSiO ₃ (x=0.1)
Schreibersita	(Fe, Ni) 3P	Wollastonita	CaSiO

MNCN: 36 250, 4760, 3650, y 1177 g.

Olmedilla de Alarcón. Condrita vetuada xenolítica, rica en olivino y bronzita, caída en la provincia de Cuenca, el año 1929. Peso de los ejemplares del MNCN: 31 500, 5063, 27 y 4 g.

Oviedo. Condrita rica en olivino e hiperstena, caída en la provincia de Asturias, el año 1856. Peso del ejemplar MNCN: 12 g.

Pulter. Dudoso. No se conservan ejemplares en España.

Quesa. Octaedrita de grano medio, caída el año 1898 en la provincia de Valencia. Peso del ejemplar del MNCN: 17 g.

Reliegos. Condrita, rica en olivino e hiperstena, caída en la provincia de León el año 1947. Peso de los ejemplares del MNCN: 8600, y 476 g.

Roa. Litito, caído el año 1438 en la provincia de Burgos. No se conservan ejemplares en España.

Roda. Acondrita pobre en Calcio, diogenita, caída en la provincia de Huesca, el año 1871. Peso de los ejemplares del MNCN: 4, 1, y 1 g.

San Cerre de Mallorca. Dudoso, Caído en la provincia de Baleares, el año 1958. No se conservan ejemplares en España.

Sena. Condrita brechoide rica en olivino y bronzita, caída en la provincia de Huesca el año 1773. Peso del ejemplar del MNCN: 1708 g.

Sevilla. Condrita brechoide, rica en olivino e hiperstena, anfoterita, caída en la provincia de Sevilla el año 1862. Peso de los ejemplares del MNCN: 66, y 3 g.

Varea. Mesosiderito caído en el año 1842 en la provincia de Logroño. Peso de los ejemplares del MNCN: 1621, y 29 g.

Villanueva del Fresno. ¿Seudometeorito?

Fueron muchos los hechos y anécdotas que acompañaron la caída de estos meteoritos, entre los que destacamos unos cuantos ejemplos:

Meteorito de Cangas de Onís

En carta de D. Manuel González Rubín a D. Luis Salmeán, con fecha 11 de enero de 1867:⁽¹⁰⁾ «Hubo personas que a la vista de la nube y del ruido cayeron de rodillas esperando que el cielo se abrazase con la tierra, y que era llegada su última hora... Dos personas de esta villa, al pasar próximas a los puntos donde cayeron los mayores aerolitos, se encontraron como entorpecidas, hasta el punto de andar con mucha dificultad, y cuidado que una de ellas no se puede dar otra más robusta y fuerte».

En carta de D. Manuel González Rubín a D. José R. de Luanco, con fecha 5 de noviembre de 1872:⁽¹⁰⁾

«Un ruido sordo y lejano fue lo primero que llamó la atención. A los pocos momentos, ya los paisanos, dando gritos y voces: ¡Ay de Dios, que cayeren muchas piedras del cielo y se va a acabar el mundi!», primeras palabras que llegaron a mis oídos, saliendo de mi oficina al oír el alboroto...» No pasará en silencio una circunstancia que ha dado que decir, y a muchos que pensar. Entre los aerolitos que cayeron, hubo uno, que yo no he visto, pero que se regaló al Instituto de Oviedo, y allí existe: su peso es de 9 libras; magnífico ejemplar, y lo más notable es que tiene un 6 como si se hubiese hecho con un buril. Calcule usted ahora, siendo el día 6 cuando cayeron, si la gente habrá hecho sus comentarios».

Meteorito de La Rinconada

En nota y comunicación enviada por el Sr. Cardoso al Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural, con fecha 4 de abril de 1934:⁽¹⁶⁾

«Eran aproximadamente las doce y media del día 17. Se hallaba en la choza el citado Francisco Mejías y uno de sus hijos, el cual oyó como el ruido de un aeroplano

y se asomó a la puerta, saliendo detrás el padre. Al mirar para arriba apenas si les dio tiempo a percibir como una columna densa de humo muy negro que descendía del espacio, pues oyeron una explosión y cayeron enseguida al suelo envueltos por una tromba de aire y humo. Cuando instantes después se incorporaron, vieron que la choza comenzaba a arder por la parte superior y entraron rápidamente para salvar alguna de las cosas de más valor. Aún pudieron ver como la camilla quedó partida en dos mitades y el braseiro, además de partido, fundido».

Meteoritos de Ojuelos Altos

En trabajo presentado por L. Fernández Navarro al Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Madrid 1929:⁽¹⁵⁾ «Decía un aldeano comentando el suceso, que ¡qué tal serían los Ojuelos Altos que hasta del cielo los apedrearán!... D. Eduardo García Barba, dueño del terreno en el que cayó el meteorito, dice que vio como una hozadura de cerdo y una depresión con pasto quemado. Metió la mano y sintió sacudidas pequeñas como las que produce la electricidad, y entonces sacó del suelo el meteorito, que estaba totalmente incrustado. Trató luego de llevarlo en la mano, pero nuevas sacudidas y hormigueo le obligaron a envolverle en la chaqueta, para aislarle».

Meteorito de Olivenza

En trabajo presentado por L. Fernández Navarro al Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Madrid 1924:⁽¹⁵⁾

«A unos seis u ocho metros del punto de caída se encontraban recogiendo chicharros (guisantes) cuatro hermanos, uno de los cuales (María Pacheco Cordero, de 17 años) me refirió el suceso. Distraídos con su faena, dice que no percibieron el fenómeno hasta que al oír tres fuertes detonaciones

(15) L. Fernández Navarro, *Noticia sobre el Meteorito de Olivenza, Badajoz*. Bol. R. Soc. España Hist. Nat. Madrid, 24, 339-341, 1924. *Meteorito de Ojuelos Altos*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Madrid, 29, 19-31, 1929. (16) G.M. Cardoso, *Sobre la caída de un meteorito en Sevilla*. Bol. R. Soc. España. Hist. Nat. Madrid, 34, 201-203, 1934. (17) Royo y Gómez, en Graham y col. (1985), *Catalogue of Meteorites*. British Museum (Natural History). Londres, p. 460, 1935. (18) J. Gómez de Llarena y C. Rodríguez Arango, *El astrolito de Reliegos (León)*. Bol. R. Soc. España. Hist. Nat. Madrid. 48, 303-315, 1950.

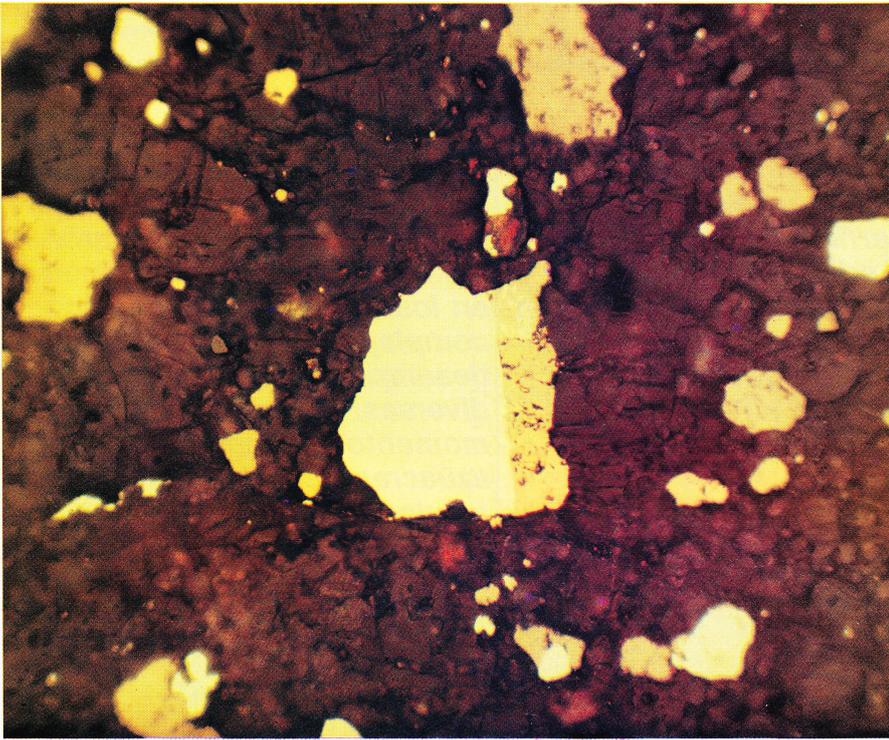


Lámina II-C. Contacto neto (¿plano de macla?) entre kamacita (blanco) y troilita (amarillo), indicando una posible cristalización simultánea de ambos minerales. Meteoritos de Cangas de Onís. LR NP.



Lámina II-D. Asociación kamacita (blanco) y troilita (amarillo) (¿plano de macla?). Obsérvese la existencia de dos tipos de troilita, una en forma de cristales con amplio desarrollo (amarillo oscuro) y otra en forma de inclusiones (amarillo claro) en la kamacita, probablemente debidas a procesos de desmezcla. Meteorito de Cangas de Onís. LR NP

alzaron la cabeza y vieron venir hacia ellos una gran masa que ardía como una estrella, envuelta en humo blanco. Afirma que venía derecha a caer donde los cuatro hermanos se encontraban; pero que ya muy cerca de ellos hizo un extraño giro, al que atribuyen haber salvado la vida. No hay que decir que durante algún tiempo quedaron inmóviles, petrificados por el terror».

El hecho que más destaca de la lectura de los informes antiguos de caídas de meteoritos, es la precisión de todos y cada uno de los fenómenos asociados, (luces, sonido, trayectoria, efectos del impacto, incluso sensaciones personales). Desgraciadamente esa concienciación de avisar a «las autoridades», que antiguamente se tenía por temor o ignorancia, en cierta medida se ha perdido. Esto ha llevado a que desde hace aproximadamente 30 años no se hayan encontrado en España, nuevos especímenes, que seguramente estarán formando parte de alguna colección privada, o simplemente se encuentran guardados como objetos curiosos.

Desde estas páginas deseamos simplemente recordar, la importancia científica de estas muestras «únicas», que tanto pueden ayudar a la comunidad científica (astrónomos, astrofísicos, geólogos, etc.) a comprender mejor, entre otras muchas cosas, los orígenes y procesos de evolución planetarios ■

Para más información:

- V.F. Buchwald, *Handbook of iron meteorites* Center for Meteorite Studies, Arizona State University, University of California Press. Vol. I, II y III, 1975.
- O.C. Farrington, *Meteorites*. The Lakeside Press, Chicago, EEUU; p. 233, 1915.
- A.L. Graham; A.W.R. Bevan y R. Hutchinson, *Catalogue of Meteorites*. British Museum (Natural History). Londres, p. 460, 1985.
- R. Hutchinson; A.W.R. y J.M. Hall, *Appendix to the Catalogue of Meteorites*. British Museum (Natural History), Londres, p. 297, 1977.
- C.B. Moore, *Researches on Meteorites*. John Wiley y Sons, Inc., Nueva York y Londres; p. 227, 1962.
- J.T. Wasson, *Meteorites. Classification and Properties*. Springer-Verlag, Berlín. Heidelberg-Nueva York, p. 316, 1974.
- Jr. Harry Y McSween, *Meteorites and their Parent Planets*. Cambridge University Press, pp. 237, 1987.

- (19) A. Basalga y Recarte, *Hierro meteórico encontrado en Villanueva del Fresno (Badajoz)*. Notas Común. IGME. 30, 3-7 1953.
- (20) E.A. King A. San Miguel I. Casanova y K. Keil, *Inventory of the Meteorite collection of the Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, España*. Meteorics, 21, N-2, 193-197, 1986.
- (21) A.L. Graham; A.W.R. Bevan y R. Hutchinson, *Catalogue of Meteorites*. British Museum (Natural History). Londres, p. 460, 1985.