

METEORITOS

ORIGEN, NATURALEZA Y RÉGIMEN JURÍDICO

Dirección

Josep M. Trigo Rodríguez
Yolanda Bustos Moreno

Coordinación

Elisa Celia González Ferreiro



METEORITOS

ORIGEN, NATURALEZA Y RÉGIMEN JURÍDICO

Dirección

Josep M. Trigo Rodríguez
Yolanda Bustos Moreno

Coordinación

Elisa Celia González Ferreiro

Prólogo

Jordi Llorca Piqué

La primera edición de este libro ha sido financiada como parte del proyecto de I+D+i PID2021-128062NB-I00, financiado/a por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ y «FEDER Una manera de hacer Europa»

COLEX 2024

Copyright © 2024

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y sigs. del Código Penal). El Centro Español de Derechos Reprográficos (www.cedro.org) garantiza el respeto de los citados derechos.

Editorial Colex S. L. vela por la exactitud de los textos legales publicados. No obstante, advierte que la única normativa oficial se encuentra publicada en el BOE o Boletín Oficial correspondiente, siendo esta la única legalmente válida, y declinando cualquier responsabilidad por daños que puedan causarse debido a inexactitudes e incorrecciones en los mismos.

Editorial Colex S.L. habilitará a través de la web www.colex.es un servicio online para acceder a las eventuales correcciones de erratas de cualquier libro perteneciente a nuestra editorial.

© Josep M. Trigo Rodríguez

© Yolanda Bustos Moreno

© Elisa Celia González Ferreiro

© Editorial Colex, S. L.

Calle Costa Rica, número 5, 3.º B (local comercial)

A Coruña, C. P. 15004

info@colex.es

www.colex.es

© Imagen de portada: Meteorito de Colomera, Granada (Servicio de Fotografía del MNCN-CSIC)

I. S. B. N.: 978-84-1194-386-4

Depósito legal: C 945-2024

SUMARIO

PRÓLOGO

Jordi Llorca Piqué

Prólogo	13
---------------	----

CAPÍTULO I

LA RELEVANCIA CIENTÍFICA Y SOCIAL DE LOS METEORITOS

Josep M. Trigo Rodríguez

(Pág. 19)

1. Introducción: registrando caídas de meteoritos	20
2. Tipos de meteoritos y su caracterización	27
3. El valor de recuperar y preservar los meteoritos	35
4. Conclusiones: un marco para la protección de los meteoritos caídos en España	37
5. Bibliografía	38

CAPÍTULO II

¿CÓMO SE ESTUDIAN LOS METEORITOS EN EL LABORATORIO?

Jordi Ibáñez Insa y Josep M. Trigo Rodríguez

(Pág. 43)

1. Introducción	44
2. Los meteoritos bajo el microscopio	45
2.1. Microscopías ópticas	46
2.2. Microscopías electrónicas y microanálisis	49
3. Espectros de meteoritos y su conexión con asteroides y cometas	54

SUMARIO

4. Técnicas analíticas mineralógicas.	56
4.1. La difracción de rayos X.	57
4.2. La espectroscopia Raman	59
5. Conclusiones.	62
6. Bibliografía	62

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN DE METEOROIDES Y ASTEROIDES CON EL OBSERVATORIO ULTRAVIOLETA LUNAR

Ana Inés Gómez de Castro, María Frutos y Ada Canet

(Pág. 65)

1. Introducción: caracterización óptica de meteoroides y asteroides	66
2. Asteroides y meteoroides en el ultravioleta	70
2.1. Sensibilidad a la acción de las condiciones espaciales.	71
2.2. Sensibilidad al grado de carbonación en los asteroides Tipo C	72
2.3. Sensibilidad a la hidratación	73
2.4. Sensibilidad a la abundancia de metales (hierro y titanio)	75
3. El observatorio ultravioleta lunar (OUL)	75
3.1. Objetivos científicos y requisitos de la misión OUL.	76
3.2. El instrumento	77
3.3. Estado actual de la misión.	80
3.4. Estrategia de operación de la misión	81
3.5. Procesado y distribución de datos	83
3.6. El consorcio OUL	84
4. Resumen y conclusiones	86
5. Bibliografía	86

CAPÍTULO IV

OBJETOS CERCANOS A LA TIERRA Y SUPERBÓLIDOS: SISTEMAS DE DETECCIÓN Y RIESGO DE IMPACTO

Eloy Peña Asensio y Adriano Campo Bagatin

(Pág. 91)

1. Introducción	92
2. Objetos cercanos a la Tierra y potencialmente peligrosos.	93
3. Superbólididos en la atmósfera terrestre	98
4. Observación desde el espacio: monitorización de impactos mediante sa- télites	102
5. Riesgo de impacto y consecuencias.	104
6. Conclusión	106
7. Bibliografía.	107

CAPÍTULO V
REGISTROS DE IMPACTO:
DE CHICXULUB A LA ACTUALIDAD

Elisa Simó Soler

(Pág. 109)

1. Introducción a los registros de meteoritos	110
1.1. <i>Meteoritical Society</i> y <i>Meteoritical Bulletin</i>	111
1.2. <i>Meteor Data Center</i> de la Unión Astronómica Internacional.	112
1.3. <i>Earth Impact Database</i> de la Universidad de New Brunswick	113
2. Registro de los impactos más icónicos	114
2.1. Chicxulub	115
2.2. Cráter Barringer	115
2.3. Tunguska	116
2.4. Sikhote-Alin	117
2.5. Sylacauga.	117
2.6. Peekskill	118
2.7. Carancas.	118
2.8. 2008 TC3	119
2.9. Cheliábinsk.	119
2.10. San Carlos	120
2.11. Menisa	120
3. El caso de España	121
4. Consideraciones finales	124
5. Bibliografía	125

CAPÍTULO VI
CASOS DE ESTUDIO SOBRE METEORITOS ESPAÑOLES.
EL MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES COMO GARANTE
DE LA CONSERVACIÓN E INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA ESPAÑOLA

Javier García Guinea, Aurelio Nieto Codina, y Luis Sánchez Muñoz

(Pág. 129)

1. Introducción	130
2. Ejemplares de meteoritos españoles en el MNCN	131
3. Actividades sobre meteoritos en el MNCN durante el último medio siglo (1973-2023).	133
3.1. El meteorito de Villalbeto de la Peña (2004)	135
3.2. Meteorito de Traspenna (2021)	147
4. Conclusiones.	153
5. Bibliografía	154

CAPÍTULO VII
LOS METEORITOS COMO PATRIMONIO GEOLÓGICO MUEBLE

Enrique Díaz Martínez

(Pág. 159)

1. Introducción	160
2. Marco conceptual	161
3. La Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad	164
4. Las resoluciones de la UICN	166
5. Bibliografía	167

CAPÍTULO VIII
**CONSIDERACIONES ACERCA DE LA ADSCRIPCIÓN DE LOS METEORITOS
A LA TITULARIDAD DOMINICAL: ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA
EN NUESTRO PAÍS Y EN OTROS DERECHOS EXTRANJEROS**

Yolanda Bustos Moreno

(Pág. 169)

1. Conceptualización de los meteoritos y contextualización sobre impactos ..	170
2. Naturaleza jurídica. Desde los meteoroides como <i>res communis</i> a los meteoritos en cuanto posible <i>res nullius</i> . Su consideración como patrimonio geológico mueble	173
3. Regulaciones nacionales.	176
3.1. Característica común en los ordenamientos jurídicos: Indefinición en torno al régimen jurídico aplicable a los meteoritos	176
3.2. Relación de derechos extranjeros	177
4. Conclusiones conforme al derecho español.	191
5. Bibliografía	193

CAPÍTULO IX
**ASPECTOS JURÍDICOS DE LOS METEORITOS DESDE
LA PERSPECTIVA DEL DERECHO POLACO**

Małgorzata Węgrzak

(Pág. 197)

1. Introducción	199
2. Meteoritos en la legislación polaca. Controversias jurídicas	199
2.1. Los principales problemas jurídicos relacionados con los meteoritos ..	199
2.2. El concepto de meteorito en el derecho civil polaco	202
2.3. Los meteoritos y el derecho de la propiedad desde el prisma del derecho civil polaco	205

SUMARIO

3. Los meteoritos y la cuestión de la protección del patrimonio	211
4. Conclusiones.	219
5. Bibliografía	221

CAPÍTULO X

DERECHO ADMINISTRATIVO ESPAÑOL Y METEORITOS

Fernando González Botija

(Pág. 225)

1. Introducción	226
2. La titularidad de los meteoritos vista desde el derecho administrativo: en especial, su consideración como bienes de dominio público	228
3. ¿Un meteorito propiedad privada sería expropiable o podría estar sometido a un régimen de tanteo y retracto?	245
4. El control administrativo sobre los meteoritos	252
5. Conclusión	257
6. Bibliografía	265

CAPÍTULO XI

FUNDAMENTOS JURÍDICOS PARA INCLUIR LA PROTECCIÓN DE LOS METEORITOS EN LA LEY DEL ESPACIO ESPAÑOLA

Elisa Celia González Ferreiro

(Pág. 269)

1. Introducción	270
2. Los meteoritos a la luz del <i>Corpus Iuris Spatialis</i>	271
3. Consideraciones sobre la Antártida. Recolección de meteoritos y código de conducta ambiental	275
4. La problemática de las exportaciones	279
5. La idoneidad de referenciar en la Ley del Espacio Española el régimen jurídico aplicable a la protección de los meteoritos.	284
5.1. Plan Estratégico Estatal del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad a 2030.	284
5.2. La protección de los meteoritos en la Ley Federal de Emiratos Árabes Unidos sobre regulación del sector espacial	287
5.3. Comparativa y propuesta de creación de un Registro o inventario de meteoritos	288
6. Conclusiones.	294
7. Bibliografía.	296

PRÓLOGO

Los meteoritos son objetos con un gran valor científico. A través de su estudio podemos descifrar el origen y evolución del Sistema Solar, conocer nuestro entorno planetario más cercano, entender mejor nuestro propio planeta e incluso estudiar el Sol y otras estrellas cercanas. Son, por tanto, herramientas muy útiles para la geología, física, química e incluso bioquímica en tanto que algunos de ellos también contienen moléculas orgánicas originadas en el espacio.

¿Cómo se encuentran y recuperan los meteoritos? Esencialmente hay dos maneras, una es recogerlos cuando se ven caer o cuando se puede calcular con precisión el lugar de su caída. Esto se puede hacer en unos pocos casos, puesto que la caída de meteoritos no es muy frecuente. Además, la gran mayoría de ellos caen de forma anónima desde alturas kilométricas, una vez extenuada la bola de fuego que resulta del rozamiento con el aire de la atmósfera y que hace que la caída de un meteorito sea tan espectacular. La otra manera es buscarlos en desiertos, en los que su aspecto externo hace que sean relativamente fáciles de reconocer. Estos desiertos pueden ser helados, caso de la Antártida, o cálidos, como el Sahara, Omán o Atacama, por nombrar algunos de los que más se han explorado con este fin.

Actualmente tenemos cerca de ochenta mil meteoritos clasificados. Puede parecer una cifra muy grande, pero ¿son suficientes? Para dar respuesta a esta pregunta tenemos que entender que no conocemos el lugar preciso de procedencia de los meteoritos. Cuando los astronautas recogieron rocas de la Luna sabían el lugar exacto donde fueron recogidas, pero los meteoritos son fragmentos de otros cuerpos que fueron arrancados hace miles de años por impactos con otros cuerpos. Entonces, recomponer la historia y evolución del sistema solar a través del estudio de los meteoritos no es una tarea nada fácil. Es como hacer un puzle sin saber la imagen que esconde y ni tan solo saber si tenemos todas las piezas. Por esto es tan importante seguir recuperando meteoritos. A medida que tenemos más meteoritos (más piezas del puzle), más fácil es obtener las respuestas que tanto ansiamos conocer: ¿cómo y cuándo se formó la Tierra? ¿Qué sabemos de la Luna? ¿Cómo es

Marte? ¿Tuvo el origen de la vida en la Tierra algo que ver con los compuestos orgánicos presentes en meteoritos?, por poner algunos ejemplos. Entonces, queda claro que necesitamos disponer del mayor número de meteoritos posible, porque nunca sabemos cuándo puede aparecer uno distinto, uno que nos proporcione alguna información desconocida. Sin duda, esto ocurrirá cualquier día, y más de una vez, hasta que hayamos conseguido juntar todas las piezas del puzle.

Los cinco primeros capítulos de este libro están dedicados a algunos aspectos científicos de los meteoritos (capítulos primero y segundo), objetos cercanos a la Tierra y riesgos asociados (capítulos tercero y cuarto) e impactos icónicos (capítulo quinto). El capítulo sexto está dedicado a los meteoritos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, en Madrid, donde se conservan y exhiben la gran mayoría de meteoritos españoles. Su colección es importante sobre todo desde el punto de vista histórico y es uno de los repositorios oficiales de meteoritos de la *Meteoritical Society* (la sociedad científica internacional que reconoce y da nombre a los meteoritos recuperados en todo el mundo). Los otros repositorios oficiales de meteoritos en instituciones públicas de España son (entre paréntesis el número de meteoritos de su repositorio) el Museo de Historia Natural de la Universidad de Santiago de Compostela (1), la Universidad de Valencia (1), el Museo de Ciencias Naturales de Barcelona (2), el Instituto de Ciencias del Espacio (4), el Museo Geominero (6), la Universidad Complutense de Madrid (6) y la Universidad Politécnica de Cataluña (223). No obstante, las mejores colecciones de meteoritos en España se encuentran en manos privadas.

¿Es problemática la recuperación de los meteoritos? ¿Hacen falta leyes para legislar su propiedad? Sin duda, esta temática no es nueva y, en la medida que queda pendiente de resolución en el derecho español, esta obra recoge aportaciones interesantes con el ánimo de realizar propuestas legislativas que ayuden a su adecuada protección. La historia es rica en episodios relacionados con discusiones acerca de la propiedad de los meteoritos. Hace más de quinientos años, el 7 de noviembre de 1492, cayó el meteorito Ensisheim, en Alsacia. La caída fue tan espectacular que atrajo la atención inmediata de la corte del imperio austrohúngaro. El mismo emperador, Maximiliano I, fue a verlo con un séquito de sabios, quienes le indicaron que se trataba de una señal divina para que iniciase una guerra con Carlos VIII, rey de Francia. Maximiliano ganó la guerra y ordenó a los habitantes de Ensisheim que encadenaran el meteorito en la catedral, no fuese que se marchara tal y como llegó, es decir, volando. Gracias a esto el meteorito se ha conservado hasta nuestros días más de cinco siglos. Este es uno de los primeros ejemplos del deseo de propiedad de un meteorito, en este caso para ser preservado como amuleto. Algo similar ocurrió durante la Guerra de Sucesión española. El día de Navidad de 1704 cayó un meteorito en Terrassa, cerca de Barcelona, y tanto los defensores del archiduque Carlos como de Felipe V, los dos aspirantes al trono, se apoderaron de la caída del meteoro-

rito con fines propagandísticos. Merece la pena comentar que, de manera reciente, en 2020, se han encontrado dos fragmentos de este meteorito en la Colección Salvador del Instituto Botánico de Barcelona, siendo el séptimo meteorito más antiguo conservado en el mundo. En el Imperio Romano, el emperador Heliogábalo (s. III) poseía un meteorito que paseaba en una cuadriga al ritmo de cánticos y ofrendas para venerar el Sol (se entendía que los meteoritos eran arrojados por el Sol, posiblemente por su apariencia de bola de fuego mientras atraviesan la atmósfera debido a la fricción con las moléculas del aire). En la tumba del faraón Tutankamón se encontró un cuchillo realizado con un meteorito metálico. Podemos asegurar que los meteoritos fueron poseídos y utilizados por el ser humano desde tiempos remotos.

Todo esto cambió de manera radical a finales del s. XVIII. Precisamente fue un abogado interesado en la ciencia, Ernst Florens Friedrich Chladni, quien publicó en 1794 un libro en el que se discernió por primera vez el origen verdadero de los meteoritos. Este libro, *Über den Ursprung der von Pallas Gefundenen und anderer ihr ähnlicher Eisenmassen, und Über Einige Damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen* (Sobre el origen de las masas de hierro encontradas por Pallas y otras similares, y sobre algunos fenómenos naturales relacionados con ellas), se considera el inicio del estudio científico de los meteoritos. A partir de entonces, los meteoritos se convirtieron en auténticas joyas para la ciencia. Los meteoritos ya no se utilizaron para fabricar herramientas ni alimentar supersticiones, sino que empezaron a adquirir importancia científica y también económica. Si alguien estaba interesado en ellos, se podía obtener un beneficio con su venta.

Robert Edwin Peary sufragó los gastos de sus expediciones para conquistar el polo Norte con la venta de objetos de los inuit, entre los que se encontraban fragmentos del meteorito Cape York (Groenlandia). A finales del s. XIX se los apropió y vendió al Museo Americano de Historia Natural, en Nueva York. También en Estados Unidos, donde la legislación asigna la propiedad de un meteorito al propietario o propietaria del terreno en el que se ha encontrado, tuvo lugar un suceso relevante. Oregón, 1902. El Sr. Ellis Hughes descubrió el meteorito Willamette, de más de catorce toneladas de peso, pero en el terreno de su vecino. Hughes trasladó el meteorito más de un kilómetro con gran esfuerzo hasta su terreno (tardó tres meses), donde lo expuso al público a cambio de cobrar una entrada. Mover un objeto tan pesado no es tarea fácil, se descubrieron los hechos y tras la oportuna demanda judicial, el meteorito pasó a ser propiedad del vecino. Este posiblemente sea el primer caso de un juicio para determinar la propiedad de un meteorito. Posteriormente, en 1905, la Sra. Sarah Hoadley compró el meteorito y lo donó al Museo Americano de Historia Natural en un acto de filantropía. Pero la cosa no terminó aquí. En 1999, los indios Clackamas reclamaron la propiedad del meteorito, argumentando que sus antepasados lo utilizaban en ceremonias. Interpuesta la oportuna demanda, hubo un acuerdo con el museo, de modo que el meteorito continúa expuesto y los indios pueden realizar sus ceremo-

nias a puerta cerrada. También en España ha habido juicios y otros asuntos legales relacionados con los meteoritos. Tal es el caso del meteorito Colomera, encontrado en Granada en 1912 y comentado en el capítulo sexto del libro. Este libro tiene por delante un reto importante, que no es más que arrojar luz sobre la cuestión de la propiedad y custodia de los meteoritos, que se analizan detenidamente a partir del capítulo octavo.

En mi vida profesional he sido testimonio de muchos acontecimientos relacionados con los meteoritos y he tenido ocasión de conocer a muchas de las personas que se dedican a investigar, buscar, coleccionar y comerciar con meteoritos en España. Con algunas de ellas he tenido el placer de realizar aportaciones científicas relevantes en las mejores revistas científicas; con otras he compartido el placer de recuperar meteoritos en distintos desiertos del mundo. En ambos casos han sido momentos de una gran intensidad y emoción. Descubrir un mineral nuevo en un meteorito en el laboratorio o recuperar un meteorito en un desierto son experiencias únicas, maravillosas e inolvidables. Cada vez hay más personas que coleccionan meteoritos. Si coleccionar meteoritos significa interesarse por la ciencia, amar y ser respetuoso con la naturaleza, bienvenido sea. Como la Sra. Hoadley, hay coleccionistas que hacen donaciones muy valiosas de meteoritos a museos para que todos podamos disfrutar de ellos. Hay que promover estos actos filantrópicos dándoles mucha más importancia y visibilidad.

Debemos tener claro que los meteoritos deben estar primero a disposición de la ciencia para retener las piezas más importantes y relevantes, así como los museos, para conseguir los mejores ejemplares para ser expuestos al conjunto de la sociedad. Y aquí es donde las leyes juegan un papel fundamental, tanto para preservar nuestro patrimonio natural como para incentivar la búsqueda de meteoritos. ¿Qué es preferible, premiar a los buscadores para conseguir nuevos meteoritos, o que los meteoritos no se recuperen jamás? Los capítulos séptimo a onceavo del libro están dedicados a aspectos legales relacionados con los meteoritos. Son un punto de partida excelente para reflexionar sobre este tema complejo, en el que diferentes países tienen legislaciones muy distintas. El capítulo séptimo trata del patrimonio geológico. El capítulo octavo aporta una perspectiva desde el derecho civil español aportando una visión de la regulación en ciertos derechos extranjeros relevantes. El capítulo noveno se ocupa del enfoque particular en el derecho civil polaco. En el capítulo décimo se analiza el tema desde la perspectiva del derecho administrativo español y se estudia en qué norma hay que regular los meteoritos a los efectos de conseguir una adecuada protección jurídica. Cierra esta obra colectiva el capítulo onceavo, en el que se propone incluir la protección de los meteoritos con valor científico en la futura Ley del Espacio española.

En España tenemos un historial relativamente rico en caídas recientes de meteoritos y, en todos los casos, ha habido problemas con su recuperación, propiedad y custodia. Tal es el caso de los meteoritos Villalbeto de la Peña

(Palencia, 2004), Puerto Lápice (Ciudad Real, 2007) y más recientemente Traspesa (Lugo, 2021). He sido testigo de actitudes muy negativas, tanto por parte de buscadores como de científicos y lugareños, que no han hecho más que entorpecer su recuperación y estudio. La desconfianza y el individualismo no da buenos resultados. Tal y como se explica en detalle en el capítulo sexto del libro, quienes encontraron los primeros ejemplares de Villalbeto de la Peña fueron un vecino, un periodista y un buscador de meteoritos; el único ejemplar que conocemos de Traspesa fue encontrado por un vecino; quien encontró los primeros ejemplares de Puerto Lápice fue otro buscador de meteoritos, después de muchos días de esfuerzo. Trabajar mal promueve, por ejemplo, la venta de las coordenadas de las zonas de caída, en la que incluso ha participado de manera reprochable algún científico. Y cuando esto ocurre, muchos de los meteoritos que se encuentran se esconden y se venden de forma anónima. A día de hoy desconocemos cuántos ejemplares de los meteoritos Villalbeto de la Peña y Puerto Lápice se han recuperado exactamente y su paradero. Insisto, cualquier régimen jurídico aplicable a los meteoritos debe, además de garantizar que los primeros ejemplares recuperados de una caída lleguen a manos de los científicos para su estudio y que los mejores ejemplares sean custodiados en museos públicos, compensar adecuadamente a las personas que los buscan y encuentran.

Estamos en el siglo XXI y para hacer ciencia hay que colaborar. No hay otra. Los científicos necesitan a los buscadores de meteoritos para tener acceso a un mayor número de ejemplares y al revés, los buscadores necesitan a los científicos para dar crédito y mérito a sus hallazgos. Sin buscadores no hay meteoritos. Sin científicos no hay nuevos descubrimientos. Y sin un régimen jurídico apropiado no hay seguridad jurídica ni equidad. Hay que saber reconocer el papel de cada persona que interviene en la recuperación y estudio de un nuevo meteorito recordando, por encima de todo, los principios éticos de la investigación científica, que no son otros que la honestidad, objetividad, apertura, respeto, responsabilidad, integridad e imparcialidad. Hay que poner a trabajar juntos a los investigadores profesionales y amateurs que operan redes de cámaras de observación del cielo para registrar caídas de meteoritos (en España hay varias que, en lugar de trabajar conjuntamente, compiten entre ellas), a los grupos que determinan a partir de imágenes, datos sísmicos, infrasonidos, radares y satélites las zonas de mayor probabilidad para encontrar los meteoritos, a los buscadores, y a los científicos. Sólo de esta manera tendremos más piezas para resolver el puzzle cósmico, que es realmente lo que nos interesa, ¿o no?

Jordi Llorca Piqué

Catedrático

Universitat Politècnica de Catalunya

CAPÍTULO I

LA RELEVANCIA CIENTÍFICA Y SOCIAL DE LOS METEORITOS

Josep M. Trigo Rodríguez*

**Grupo de Meteoritos, Cuerpos Menores y Ciencias Planetarias
Instituto de Ciencias del Espacio (CSIC/IEEC)
Campus UAB, 08193 Bellaterra (Barcelona)
Catalunya, España
Correo-e: trigo@ice.csic.es*

Índice: 1. Introducción: registrando caídas de meteoritos. 2. Tipos de meteoritos y su caracterización. 3. El valor de recuperar y preservar los meteoritos. 4. Conclusiones: un marco para la protección de los meteoritos caídos en España. 5. Bibliografía.

Resumen: Los meteoritos son rocas fascinantes que nos llegan de rincones diversos de nuestro sistema planetario. No cabe duda de que los meteoritos no nos dejan indiferentes, tanto a nivel científico como social, crean verdadera pasión y ansia de conocimiento. Estas rocas son una fuente valiosa de enseñanzas únicas que debe preservarse para ahondar en nuestro conocimiento sobre los cuerpos de los que proceden: asteroides, cometas, Luna, Marte o Vesta. De hecho, en general podemos distinguir entre aquellos, mayoritariamente rocosos, que proceden de pequeños cuerpos que nunca se fundieron como otros que vienen de cuerpos planetarios. Todos ellos aportan valiosa información sobre la formación y evolución de esos cuerpos que conforman el Sistema Solar. Incluso cuando producen enormes bolas de fuego, acompañadas de grandes explosiones cuando preceden a las caídas de meteoritos, producen fenómenos sorprendentes que transportan nuestra mundana existencia con el fastuoso choque entre mundos que marcó hace unos 4.500 millones de años el origen de los planetas. Por todo ello, científicos y legisladores debemos tener en cuenta la necesidad imperiosa de identificar, catalogar y preservar estas rocas únicas para seguir aprendiendo de ellas al mismo tiempo que se dan a conocer al público. Garantizar su estudio científico y preservación debe ser el objetivo de nuestros pasos.

Abstract: Meteorites are fascinating rocks that come to us from various corners of our planetary system. There is no doubt that meteorites do not leave us indifferent, both scientifically and socially, as they create a true passion and

thirst for knowledge. These rocks are a valuable source of unique teachings that must be preserved to deepen our knowledge about the bodies from which they come: asteroids, comets, the Moon, Mars or Vesta. In fact, we can distinguish between those, mostly rocky, that come from small bodies that never melted and others that come from planetary bodies. All of them provide valuable information about the formation and evolution of these bodies that make up the Solar System. Even when they produce huge fireballs, accompanied by great explosions when they precede meteorite falls, they produce amazing phenomena that transport our mundane existence with the lavish collision between worlds that marked the origin of the planets some 4,500 million years ago. For all these reasons, scientists and legislators must take into account the imperative need to identify, catalog and preserve these unique rocks in order to continue learning from them while making them known to the public. Ensuring its scientific study and preservation must be the objective of our steps.

Palabras clave: Acondritas, condritas, bólidos, meteoritos y meteoritos metálicos.

Keywords: Achondrites, chondrites, fireballs, meteorites and irons

1. Introducción: registrando caídas de meteoritos

El interés del estudio de los meteoritos pasa por difundir y reconocer su valor científico. Cabe convencer al público que estas rocas llegadas desde lejanos rincones de nuestro sistema solar deben ser protegidas adecuadamente, prevaleciendo la necesidad de su estudio científico por equipos especializados y su preservación en museos y centros de investigación. Para comprender la relevancia de los meteoritos es preciso dar a conocer que son rocas formadas en otros mundos, capaces de proporcionar mensajes acerca del origen del Sistema Solar, de los planetas y pequeños cuerpos que rondan el Sol (Wasson, 1985). La mayoría de meteoritos que alcanzan la Tierra son fruto de los procesos colisionales acaecidos en asteroides situados en el llamado cinturón de asteroides (Michel *et al.*, 2015). Al entrar a la atmósfera terrestre a hipervelocidad estas rocas producen fenómenos extraordinariamente luminosos y llamativos: los llamados *bólidos* o *bolas de fuego*.

El término *superbólide* se refiere a un evento más luminoso que magnitud -16, intermedio entre la Luna y el Sol, detectables desde el espacio por sensores a bordo de satélites. Generalmente esos eventos tan destacables los producen el encuentro con pequeños asteroides. A nivel internacional la caída del asteroide que produjo el superbólide de Cheliábinsk el 15 de febrero de 2013 marcó un punto de inflexión en la necesidad de divulgar y hacer comprender mejor estos fenómenos (Borovicka J. *et al.*, 2013; Trigo-Rodríguez *et al.*, 2021).

La comprensión de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de esos cuerpos resultan de la mayor relevancia, por ejemplo, para desviar asteroides (Moyano-Cambero *et al.*, 2017; Tanbakouei *et al.*, 2019). Hay diversas clases

de asteroides cuya composición y propiedades son bien diferentes (véase Michel *et al.*, 2015; Trigo-Rodríguez, 2022; Peña-Asensio y Campo, 2024)

A nivel del estado español la caída del meteorito Villalbeto de la Peña el 4 de enero de 2004 marcó el inicio de una nueva etapa en el interés por el estudio de los meteoritos en España. El entonces recién creado proyecto colaborativo llamado Red de Investigación sobre Bólidos y Meteoritos, conocida por su acrónimo *SPMN: Spanish Meteorite recovery Network*, permitió dar respuesta en breve tiempo a una caída histórica (Llorca *et al.*, 2005; Trigo-Rodríguez *et al.*, 2006). En pleno día una enorme bola de fuego visible en todo el noroeste peninsular permitió la recuperación de los primeros meteoritos desde la caída de Reliegos o, al menos, eso es lo que pensamos porque estadísticamente parece poco creíble que durante la dictadura no se recuperase ni un solo meteorito, algo que comprendimos al identificar otra caída bien preservada que apareció en 2013 y que llamamos Ardón (Trigo-Rodríguez *et al.*, 2014). El éxito de esos resultados obtenidos por cámaras de vídeo nos hizo explorar la aplicación de esa técnica de manera pionera, siendo posteriormente aplicada a las estaciones de detección de la Red SPMN (Trigo-Rodríguez J.M. *et al.*, 2006b).

En este primer capítulo se pretende describir el fenómeno meteórico y enumerar los principales tipos de meteoritos que conocemos. Deseo facilitar la lectura a quienes no sean expertos en la materia. Obviamente este texto sacrificará aspectos técnicos más complejos que son, de hecho, los que nos permiten clasificar los meteoritos en base a su composición química y mineralógica. Cada meteorito es una roca sumamente importante desde un punto de vista científico dado que procede de un cuerpo del Sistema Solar diferente a la Tierra. Su estudio nos descubre no sólo información sobre el momento en que se formó o consolidó sino sobre también sobre procesos anteriores o posteriores a él. Como si fuese el mensaje de un naufragio lanzado al espacio interplanetario, cada meteorito nos trae múltiple información, no en una botella, sino en una roca. Diversas áreas del conocimiento científico: física, química, petrología, mineralogía, etc., nos permiten leer esas rocas y datar procesos que sufrieron hace cientos o incluso miles de millones de años. Su llegada es además un acontecimiento único, anunciado por el fugaz pero intensamente luminoso y, a veces, ruidoso bólido meteórico del que finalmente sobreviven unos gramos o, si somos afortunados, unos kilogramos de la roca que alcanzaba el techo de la atmósfera a gran velocidad.

En cualquier caso, un libro como este también debe ayudar a digerir la compleja jerga que los científicos solemos utilizar. Tanto el público como los propios medios de comunicación describen burdamente los fenómenos astronómicos, mucho más si son fugaces eventos de naturaleza meteorítica. Por ello los explicamos y catalogamos desde el CSIC para que estos fenómenos naturales sean comprendidos y no den pie a planteamientos supersticiosos.

METEORITOS

Los meteoritos, fragmentos de cuerpos celestes que han caído en la Tierra, son ventanas al pasado del sistema solar. Su estudio permite desentrañar tanto la formación de asteroides como de planetas, e incluso identificar moléculas orgánicas originadas en el espacio.

Sin embargo, la recuperación y la custodia de meteoritos enfrentan desafíos legales. Históricamente, la disputa sobre su propiedad ha sido constante, desde el meteorito Ensisheim (Francia) en 1492 hasta casos recientes como el de Colomera en Granada. La ausencia de una regulación clara no solo genera conflictos jurídicos, sino que también pone en riesgo el avance científico.

Este libro aborda tanto los aspectos científicos como las cuestiones jurídicas relativas a los meteoritos. Desde la importancia de su estudio para comprender nuestro entorno planetario, hasta la urgente necesidad de una legislación que determine la titularidad de los mismos, facilitando su recuperación y conservación. En España, al igual que en otros países, donde la recuperación de meteoritos cuenta con un vacío legal importante, se busca establecer un marco jurídico que garantice la protección de nuestro patrimonio geológico mueble de origen cósmico y promueva nuevos descubrimientos. Esta obra ofrece propuestas *de lege ferenda* con esta finalidad.

DIRECTOR

Josep M. Trigo Rodríguez y Yolanda Bustos Moreno

COORDINADOR

Elisa Celia González Ferreiro

PRÓLOGO

Jordi Llorca Piqué

AUTORES

Yolanda Bustos Moreno, Adriano Campo Bagatín, Ada Canet, María Frutos, Enrique Díaz Martínez, Javier García Guinea, Ana Inés Gómez de Castro, Fernando González Botija, Elisa Celia González Ferreiro, Jordi Ibáñez Insa, Aurelio Nieto Codina, Eloy Peña Asensio, Luis Sánchez Muñoz, Elisa Simó Soler, Josep M. Trigo Rodríguez y Malgorzata Węgrzak

PVP: 30,00 €

ISBN: 978-84-1194-386-4



9 788411 943864