

# **Revisión, por análisis espectroquímico, del estudio de los meteoritos españoles que se conservan en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid**

por

**Josefina Pérez Mateos**

Realizado este trabajo de revisión de los meteoritos españoles que se conservan en el Museo Nacional de Ciencias Naturales, bajo la supervisión del que fué mi respetado maestro, el profesor Martín Cardoso, de la Universidad de Madrid, sale a la luz en este Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, cuando ya él no está entre nosotros, por su muerte acaecida tan inesperadamente el 1 de enero de 1954. Este sentimiento viene a oscurecer la natural satisfacción que pudiéramos tener, al ver publicados los resultados de los trabajos que, con motivo de esta revisión, llevamos a cabo. Dichos resultados fueron comunicados al XIX Congreso Geológico Internacional celebrado en Argel en 1952, y leída la Comunicación por el profesor Martín Cardoso.

Quiero que estas breves líneas sean un homenaje a su memoria y la expresión de mi gratitud al sabio Profesor y llorado amigo, por todas las enseñanzas de él recibidas en el amplio campo de la Cristalografía y Mineralogía.

## **INTRODUCCIÓN**

Al crearse, en la XVIII Sesión del Congreso Geológico Internacional de Londres, en 1948, la Sección de Meteoritos, se celebraron dos reuniones, en la segunda de las cuales se tomó el acuerdo de que cada miembro aportase el estudio de los meteoritos de su país y

se recabase lo mismo de los países no representados en la Comisión, o bien el envío de muestras al profesor Paneth.

En España, la doctora J. Pérez Mateos ha acometido la revisión de veintiún meteoritos de los existentes en el Museo de Madrid, que es una de las colecciones más notables del mundo por el número de ejemplares representado y por la calidad de los mismos. Falta, por carencia de material, el del meteorito de Palma de Mallorca, caído en 1935, cuya inclusión no puede ir en la relación.

El estudio se ha hecho espectralmente de modo cualitativo, mediante los espectrógrafos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Madrid. No se ha hecho la determinación del helio por no disponer de la instalación adecuada para ello y correr el riesgo de obtener resultados erróneos.

En la descripción de cada uno de los meteoritos se exponen los resultados de la revisión; se excluye en ésta en meteorito de Reliegos (León), por haber caído muy recientemente y estar publicado con detalle en el BOLETÍN DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL (1949), en donde pueden consultarse los resultados de su análisis químico espectral. No obstante se menciona, como es natural, en esta relación.

En diversas publicaciones se han enumerado, a modo de catalogación, las caídas de los meteoritos en España. Las más recientes son: el artículo del profesor J. Gómez de Llarena («Natur und Volk», enero 1938. Bd. 68, p. 8-15); la descripción del meteorito de Palma (1935), publicada por J. Gordón Morales, en el BOLETÍN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL, 1936, y un artículo de A. Paluzie Bonell, en la revista *Urania* de Tarragona (1951). Los dos primeros son de positivo valor para el catálogo general de meteoritos; no así el tercero, efectuado bajo un punto de vista profano y en el que se dan las descripciones vulgares que pueden verse en la prensa diaria sin orientación científica.

Creemos que con esta aportación hemos contribuido al conocimiento de uno de los fines propuestos por la Comisión de Meteoritos, de la que formo parte, al crearse en 1948.

Madrid, 1 de septiembre de 1952.

GABRIEL MARTÍN CARDOSO.

## 1. METEORITO DE VILLANUEVA DE SIGENA (HUESCA)

Fecha de caída: 17 de noviembre de 1773.

Se conservan tres fragmentos, cuyos pesos son: 1,905 kgs.; 4,449 grs. y 21,849 grs, que suman un peso total de 1,931298 kgs. (actual) Es un siderito esporasidereo oligosidereo; conserva en algunos trozos parte de la costra negra, vidriosa y fragil, de la que sólo quedan vestigios en tres zonas superficiales en el fragmento mayor. Su interior es de un color grisáceo azulado y de estructura granuda, hallándose en su masa diseminadas las partículas metálicas sulfuradas; por otra parte, la materia petrea del meteorito presenta a su vez estructura oolítica.

Densidad relativa, 3,46.

La forma del ejemplar en su caída fué aovada irregular, estando el ejemplar mayor, de 1,905 kgs., cortado en un sector, cuya porción fué aún fragmentada.

Fué publicado, en su fecha, el análisis químico, debido a Proust (1804), cuyo análisis dió un 22 por 100 de porción de parte metálica (hierro y níquel) y un 78 por 100 de porción lapídea, en cuya composición cuantitativa se detallan: 0,12 sulfuro de hierro, 0,05 óxido de hierro, 0,66 sílice, 0,19 magnesia y trazas de cal y manganeso.

Nuestro análisis delata la presencia de los elementos: Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, Si, Ti e indicios de otros (véase el cuadro I, en el cual se resumen los resultados de análisis espectroquímico); por dicho análisis identificamos sobre los elementos dados en los primitivos análisis: Al, Co, Cr, Cu, Na, Ni y Ti.

Además, de los tres ejemplares que se conservan en este museo, adquirieron muestras de este meteorito los museos de París, el Imperial de Viena, el British Museum de Londres y la Col. de Ward-Coonley, de Chicago.

## 2. METEORITO DE VAREA (LOGROÑO)

Fecha de caída: 4 de julio de 1842.

Peso del ejemplar que posee el Museo de Ciencias Naturales, 1,555 grs.

Está clasificado como un *esporasidereo polisidereo*, con mucho hierro en masa. También presenta costra exterior de bastante espesor, de un negro mate, áspera y granulosa; en su interior la masa pétreo alberga empotrados nódulos de hierro niquelífero, metálicos y brillantes, pero bastante diseminados. Toda la masa es brillante, debido a una especie de red, de composición análoga a los nódulos.

Sin conocimientos de otros análisis anteriores, el efectuado por nosotros por vía espectroquímica, acusó la presencia de los elementos: Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, Si, Ti, con indicios de Ga, Ge y B.

Su densidad es de 7.

Además del único ejemplar que posee este Museo, otros se guardan en el Museum de París y en la Col. de Ward-Coonley, de Chicago.

### 3. METEORITO DE NULLES (TARRAGONA)

Fecha de caída: 5 de noviembre de 1851.

Se conservan pequeños fragmentos en este Museo de Madrid, que dan una suma total de 4,656 kgs. con 676 gramos.

Es un *oligosidereo*.

La masa es granuda, áspera, de un gris ceniza con granos duros y granillos metálicos brillantes diseminados de hierro niquelífero y otros de sulfuro de hierro (pirrotina). De este meteorito fué hecho un análisis químico por Escosura, que dió: Hierro, níquel,  $OMg$ ,  $SiO_2$ ,  $OFe$ ,  $O_3Al_2$ ,  $OMn$ , hierro cromado y hierro sulfurado; en nuestro análisis espectroquímico elemental, además de los elementos anteriores, identificamos: Ca, Co, Cu, Na, e indicios de Ga y Ge.

En la observación óptica de su polvo destaca la presencia de olivino, hiperstena, pirrotina y opacos de hierro niquelífero.

Densidad media, 3,81.

Fragmentos de este meteorito se hallan distribuidos por otros varios museos, como son los de París, Londres, Budapest, Viena, Chicago y en la Universidad y Seminario de Barcelona.

## 4. METEORITO DE OVIEDO

Fecha de caída: 5 de agosto de 1856.

El peso del ejemplar único, que conserva el Museo de Madrid, es de 14,98 grs.

Es un *esporasidereo oligosidereo*. Su color es grisáceo ceniciento, con manchas limoníticas y puntos brillantes en bastante profusión. Está recubierto por una costra negra muy uniforme, que en el pequeño fragmento poseemos se conserva con absoluta integridad. Su estructura es granujienta en su interior y poco homogénea.

Su densidad media es de 3,59.

En los datos que se conservan de un análisis anterior hecho por Luanco, los resultados elementales fueron: O, S, Cl, P, As, Si, Al, Fe, Mn, Ni, Mg, Ca, Na y K; nosotros acusamos además de la mayoría de dichos elementos Co, Cr, Cu, Ti y Ga, y Ge en indicios.

Solamente tenemos referencia de otro fragmento, de casi igual peso y tamaño, que se conserva en el Museum de Paris, viniendo a sumar entre los dos unos 30 gramos.

## 5. METEORITO DE MOLINA (MURCIA)

Fecha de caída: 24 de diciembre de 1858.

Es el más notable ejemplar de meteoritos que conserva el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, con un peso de 114 kgs. (Figuró en la Sección Española, en la Exposición Universal de París, en el año 1867).

Está incluido entre los *esporasidereos oligosidereos*.

La gran masa meteórica de 114 kgs., que en la exposición de meteoritos de la Sala de Mineralogía del Museo de Ciencias Naturales de Madrid ocupa un lugar de preferencia, presenta una costra negra parduzca, con gran número de impresiones digitiformes muy acusadas y manchas ocráceas diseminadas. En su interior y en la masa pétreo del meteorito se halla en gran diseminación la pirrotita en cuyo sulfuro de hierro es rico este meteorito; la masa interna es ocrácea y resquebrajada y en ella se perciben granos opa-

cos de hierro cromado y otros mayores de hierro sulfurado. Densidad media, 3,54.

Fué hecho un análisis químico por Meunier (1884), cuyos resultados pueden consultarse en su Memoria. Nosotros, por estudio espectroquímico, delatamos los elementos: Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Si y Ti e indicios de B y Ge, de los cuales el Al, Co, Cu, Mn, Ti, B y Ge no se habían dado en los análisis químicos primitivos.

## 6. METEORITO DE CANYELLAS (BARCELONA)

Fecha de caída, 14 de mayo de 1861.

Se conservan en este Museo varios fragmentos: uno mayor de 530 gramos y otros pequeños, que suman 23,240 gramos, que dan un peso total de 553,240 gramos.

También del grupo de los *esporasidereos oligosidereos*, con poco hierro y diseminado en la masa grisácea pétreo brechiforme. Los fragmentos de este meteorito presentan una costra negruzca, áspera, pudiendo observarse en el ejemplar mayor las quequedades o impresiones digitiformes.

Su densidad media es de 3,66.

Fué hecho su análisis químico en 1922 por Novellas Roig, que acusó la existencia de los elementos: Al, Fe, Ti, Ca, Na, K, S, P, Mn, Ni, Co, Cr y gran cantidad de SiO<sub>2</sub>; el azufre se halla también al estado de sulfuros metálicos. En nuestro análisis espectroquímico delatamos también, además de aquellos elementos, la presencia de Cu e indicios de Ga y Ge. Ópticamente comprobamos la presencia de olivino, piroxenos y plagioclasas.

Otros fragmentos de este meteorito se distribuyeron en otros Museos: del Seminario de Barcelona y Museo de Cataluña, en el British Museum de Londres, en el Húngaro de Budapest, en el Museum de Paris, en el Imperial de Viena y en la Col. de Ward-Coonley, de Chicago.

## 7. METEORITO DE SEVILLA

Fecha de caída, 1 de noviembre de 1862.

Se conservan dos fragmentos, cuyos pesos son: 80,524 gra-

mos y 3,875 gramos, que dan un peso total de 84,399 gramos (actual).

Es un *siderito esporasidereo oligosidereo*. Dichos fragmentos conservan bastante bien la costra oscura, muy delgada y negruzca. Su interior es de color grisáceo ceniza característico y estructura granuda, con granillos de hierro niquelífero diseminados en la masa; existen en la parte lapídea granos peridóticos.

Densidad, 3,55.

En su caída presentó forma tetraédrica bastante irregular, recubierto superficialmente de una delgada capa o costra negruzca con impresiones digitiformes en algunas de sus caras. El aspecto de este meteorito es brechiforme.

Sin ningún análisis a que referirnos, damos nosotros su composición elemental en el cuadro de resultados.

Además de los dos fragmentos citados que se conservan en este Museo, fueron adquiridos ejemplares por los Museos de París, el Imperial de Viena, el de Historia Natural de Berlín y la Col. Ward-Coonley, de Chicago.

## 8. METEORITO DE CANGAS DE ONÍS (ASTURIAS)

Fecha de caída, 6 de diciembre de 1866.

Peso total de los cuatro fragmentos que se conservan en el Museo de Madrid, 10,633 kilogramos.

Es un *esporasidereo oligosidereo*, que se halla recubierto en sus fragmentos por una costra negra y áspera, algo rugosa, con oquedades a modo de impresiones digitales. En su interior la masa pétreo es de un color gris blanquecino y aspecto brechiforme, con porciones más claras feldespáticas y de grano más fino, empastadas por otras zonas de un gris más oscuro y azulado y de granulación grosera. En esta masa granuda brechiforme se destacan puntos brillantes metálicos y manchas limoníticas, y menos profusamente, granillos más o menos redondeados y metálicos cuyo análisis dió a conocer como elementos de su composición Fe, Ni y S.

Densidad media, 3,70.

Existe un análisis químico de este meteorito, hecho por Luan-

co, que delató los elementos O, H, N, S, P, Cl, C, Fe, Ni, Mn, Al, Mg, Ca, Na, K.

Espectroquímicamente hallamos nosotros las líneas del Co, Cr, Cu, Si, Ti, y muy débiles las del Ga y Ge, acusando indicios, además, de la mayor parte de los elementos hallados por vía química.

Se conservan datos de la existencia de fragmentos en España en las colecciones de las Universidades de Santiago, Valladolid y Sevilla, y en los Museos extranjeros de París, Budapest, Viena, Londres, Berlín, Bonn y Chicago.

#### 9. METEORITO DE CABEZO DE MAYO (MURCIA)

Fecha de caída, 18 de agosto de 1870.

El Museo de Ciencias Naturales de Madrid conserva solamente un fragmento de este meteorito de 164,525 grs.; aunque en su caída este meteorito se fragmentó en masas o fragmentos de varios kilogramos de peso, actualmente, aun sumando los valores en peso de todos los fragmentos repartidos en los distintos museos, no llega el peso total a un kilogramo.

Es también un *oligosidereo*, en cuya masa pétreo grisácea de tono ceniciento, de estructura granuda, son observables profusión de manchas limoníticas correspondientes a los gránulos férricos alterados; en el fragmento que poseemos sólo se percibe un resto de corteza.

Densidad media, 3,56.

Careciendo de otros datos anteriores respecto a su análisis, el nuestro, por vía espectroquímica, delató los elementos: Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, Si, Ti e indicios de Ga, Ge, y B. Otros fragmentos se conservan en los museos de París, Londres, Berlín, Budapest, Viena, Bonn, Wáshington y Chicago.

#### 10. METEORITO DE RODA (HUESCA)

Datos sobre la fecha de su caída: primavera de 1871.

Peso del fragmento que posee este Museo, 7,965 grs.

Clasificado como un *esporasidereo criptosidereo*, con hierro no

visible a simple vista, por lo cual se le incluyó entre los asidereos. Conserva el fragmento en dos pequeñísimas áreas, restos de la costra negra brillantes que le recubrió, y su masa, de un color gris ceniciento con profusión de granos verdosos peridóticos; la masa es fácilmente desmoronable y en el estudio óptico de su polvo identificamos principalmente olivino, hiperstena y feldespatos, dominando el primero de tal forma que en algún punto sólo se percibe éste en una pequeña masa verde amarillenta cristalina.

Densidad media, 3,37.

De este meteorito fué efectuado el análisis químico por Pisani y, posteriormente, por Bohn, acusando  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{SFe}$  y  $\text{Cr}_2\text{O}_4\text{Fe}$ .

En nuestro análisis elemental espectroquímico delatamos, además, la existencia de  $\text{Cu}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Ti}$  e indicios de  $\text{Ga}$  y  $\text{Ge}$ .

Aunque en este Museo se conserva solamente el pequeño fragmento que se cita, en su caída el peso global de los trozos en que se fragmentó fué de 200 gramos, cuyos fragmentos se distribuyeron en los principales museos, como son el Museum, de París; el Imperial, de Viena; el British Museum, de Londres; el Museo Húngaro, de Budapest; el Museum fur Naturkunde, de Berlín, y la Col. Ward-Coonley, de Chicago.

## 11. METEORITO DE GUAREÑA (BADAJOZ)

Fecha de caída, 20 de julio de 1892.

En el Museo de Madrid se conservan cuatro fragmentos, el mayor de 29,400 kgrs., y los otros tres de 5,665 kgrs., 6,437 grs. y 7,190 grs., respectivamente, que dan un peso total de 35,078 kgrs.

Es un *esporasidereo criptosidereo*, meteorito pétreo con hierro diseminado en la masa y no visible a simple vista. Su masa interna es granuda, bastante homogénea y de un color gris azulado, en la que destacan gránulos metálicos y brillantes y también minúsculas porciones bronceadas, granos lapídeos traslúcidos y pequeñísimos granitos verdes y otros de un negro brillante. Todas estas granulaciones, que dan al meteorito su estructura granuda grosera, corresponden a diversas especies mineralógicas, como son: feldespatos, cromita, magnetita, olivino, piroxenos, pirrotita, identificados todos ópticamente al microscopio por nosotros y por vía

espectroquímica identificamos: Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, indicios de Ga y Ge, Mg, Mn, Na, Ni, Si y Ti, sin otros análisis anteriores con que establecer comparación.

Densidad, 3,88.

Se conservan otros fragmentos de este meteorito en los mismos museos europeos citados para el anterior.

## 12. METEORITO DE LOS MARTÍNEZ (CERVERA, MURCIA)

Datos sobre la fecha de su caída: Mayo de 1894. Peso del fragmento que se conserva en este Museo, 21 grs.

Se le considera un *esporasidereo oligosidereo* con hierro níquelífero en pequeña cantidad y muy diseminado en la masa; ésta es grisácea, con estructura finamente granuda, bastante homogénea, con manchas de hidróxido férrico y los puntitos brillantes metálicos; presenta una corteza parda vitrificada. Densidad, 3,1. Este único ejemplar que posee el Museo de Ciencias Naturales de Madrid fué adquirido en compra, guardándose reserva respecto a su autenticidad, sosteniéndose la sospecha, por carecer de datos más concretos, de que se trate de un fragmento de otro meteorito (?). No se tienen datos de ningún análisis, quedando identificados por nosotros los elementos: Al, Ca, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, Si y Ti, con indicios de Co, Ga y Ge.

## 13. METEORITO DE MADRID

Fecha de caída, 10 de febrero de 1896.

El peso de los tres fragmentos que se conservan en este museo es de 140,870 grs. 43,026 grs. y 27,754 grs., respectivamente, que dan un total de 211,650 grs.

Se considera como un *esporasidereo oligosidereo*, con poco hierro metálico y éste diseminado en pequeñas laminillas brillantes que se perciben perfectamente con la lupa.

La masa del meteorito es bastante homogénea, grisácea de un tono claro, con fisuras negruzcas y granulación fina. Los fragmentos aparecen recubiertos todos de una costra negra o pardo negruzca mate que en algunos puntos se muestra rugosa. En la

granulación fina de la masa meteórica destacan principalmente granillos verdes peridóticos y las laminillas brillantes de hierro niquelífero.

Ópticamente se identifican en la arenilla obtenida por desmenuzamiento, además del olivino, augita y feldespatos plagioclasas. Densidad media obtenida, 3,55.

Sin ningún análisis a que referirnos, el nuestro, por vía espectral, delata los elementos Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, Si y Ti e indicios de B, Ga y Ge.

Poseen también fragmentos de este meteorito los Museos de París y Londres, Viena y Chicago.

#### 14. METEORITO DE QUESA (VALENCIA)

Fecha de caída, 1 de agosto de 1898.

El peso del fragmento que se conserva es de 8,549 grs.

Es un *hierro meteórico u holosidereo*, de color acerado con algunos reflejos irisantes y fractura ganchuda.

La estructura es algo fibrosa y el aspecto totalmente metálico, ennegrecido en su superficie.

Su densidad es alta (6,4).

El análisis químico lo define como un hierro niquelífero con manganeso y cobalto. Piña de Rubies identificó por vía espectroquímica Ni, Co, Se, P, Si, Mg, Ag (poco). Nosotros identificamos además del Fe, Ni, Mn y Co, los elementos: Al, B, Ca (poco), Cr (indicios), Cu, Ga y Ge (indicios), Mg, Na (indicios), Si (poco) y Ti (indicios).

Existen fragmentos en Berlín y Chicago y principalmente en el Museo de Viena, pues a su caída y fraccionamiento fué vendido en su mayor parte a dicho Museo Imperial, por sus poseedores.

#### 15. METEORITO DE GERONA (CERCANÍAS DE LA FUENTE DE LA PÓLVORA)

Fecha de su caída: se conoce sólo el año 1899.

Se conservan en este Museo dos fragmentos, cuyos pesos respectivos son 75,95 grs. y 7,11 grs., que dan un peso total de 83 grs. (actual).

Es un *siderito esporasidereo oligosidereo*, con una masa pétreá grisácea con manchas ocre silicatada, rica en piroxeno y olivino y parte metálica oscura, conteniendo Fe, Ni y Co en un 12 por 100. Su composición elemental por vía espectroquímica viene dada por los elementos: Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, Si, Ti e indicios de Ga y Ge.

Densidad, 2,7 a 3,1 (densidad media, 2,9).

Además de estos fragmentos que conserva el Museo de Madrid, existen otros en los museos de Barcelona, Viena y Chicago.

Nuestro análisis espectroquímico delata los mismos elementos que el meteorito de Sigena anteriormente descrito, como puede observarse en el cuadro de resultados.

#### 16. METEORITO DE SITGES (BARCELONA)

Dato acerca de la fecha de caída, junio 1905.

Peso del ejemplar que se conserva en el Museo de Madrid, 9,166 gramos.

Parece que se trata de un *esporasidereo oligosidereo o criptosidereo*. El pequeño fragmento que poseemos conserva una porción de la costra que debió recubrir al meteorito; es una costra de un color pardo rojizo, áspera y gruesa. La parte lapídea es grisácea, pero cuajada de manchas limoníticas ocráceas y el hierro distribuido en granillos y puntitos brillantes diseminados. Densidad, 3,7.

Sin ninguna otra referencia respecto a su análisis químico, el efectuado por nosotros por vía espectral delató los elementos: Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Si y sólo indicios de Ga, Ge, Na y Ti.

#### 17. METEORITO DE COLOMERA (GRANADA)

Se conoce solamente el año de su caída, 1912.

El peso del único ejemplar es de 134 kgrs. y se conserva en el Museo de Historia Natural de Madrid.

Es un *siderito holosidereo o hierro meteórico* con bastante níquel y algún cobalto, sin materia pétreá.

Además del análisis químico fué hecho el análisis espectroquímico anteriormente a nosotros por Piña de Rubíes, delatando la

existencia de Fe, Ni, Co, Ge y se comprueba la presencia del Mg, Ag, P, Si, acusados en anteriores análisis químicos; en el espectroanálisis efectuado por nosotros hallamos también Al, Ca, Cr (indicios), Cu, Ga (indicios), Mn, Na (indicios) y Ti.

Este meteorito es metálico, de color gris acerado, pero su superficie aparece opaca debido a una delgada película o costra parada que lo recubre, aunque interiormente su aspecto es homogéneo y brillante; esta superficie presenta cavidades y prominencias bien acusadas y se observan a modo de estrías irregulares que delatan la agrupación de masas individualizadas que dieron la masa total de este meteorito. Densidad media, 7,38.

Dorronsorro y Moreno Martín efectuaron el análisis químico, cuya composición centesimal dada fué:

Fe	—	91,500	SiO <sub>2</sub>	—	0,645
Ni	—	7,162	S	—	0,127
Co	—	0,426	C	—	0,112
		P	—		0,028

No se identifican: Al, Ca, Cr, Cu, Mg, Mn, Na y Ti, que nosotros, espectroquímicamente, hemos delatado así como indicios de Ga y Ge.

## 18. METEORITO DE OLIVENZA (BADAJOZ)

Fecha de caída, 19 de junio de 1924.

Este meteorito, según los datos y referencias que respecto a su caída se tienen, debió de pesar unos 150 kgrs. antes de su fragmentación natural al caer y de su posterior fragmentación muy repetida, pues poseen fragmentos varios museos y particulares, ya que en los primeros momentos de su caída fué muy fragmentado por los curiosos visitantes de aquellos contornos, llegando solamente a este Museo un gran fragmento de 60 kgrs. de peso. Posteriormente volvió a sufrir divisiones, y actualmente se conservan en él nueve fragmentos, que dan la suma global de 56 kgrs. y cuyo detalle de pesos es el siguiente: 3,068 kgrs., 1,779 grs., 1,332 kgrs., 5,620 kgrs., 3,747 kgrs., 4,250 kgrs., 0,183 kgrs., 36,479 kgrs., 120,237 grs. Siguiendo la clasificación de Daubré es un *asiderito* o *litito* de color ceniciento, y en algunos de los fragmentos pueden verse restos de la costra negruzca —ocrácea— rojiza que en

un principio debió de recubrir al meteorito; también se observan en ella las cavidades superficiales típicas a modo de impresiones digitiformes. Interiormente es de un color gris ceniza con estructura de grano grueso, por lo que podemos definirlo como un condrito; los condros son de 1 mm. de diámetro o algo más algunos, y se trata de granillos de hiperstena y de peridoto, como ha sido comprobado por nosotros por estudio óptico. También se identifican en la masa pétreas manchas metálicas de pirrotina y escasas plaquitas de hierro niquelífero, pero dominando siempre las placas metálicas de pirrotina meteórica, cuyo color bronceado característico es perfectamente observable.

Densidad media, 3,45.

Este meteorito ha sido uno de los más estudiados entre todos los caídos en España, estando hecho su análisis químico (bajo la supervisión del profesor Lacroix) y el análisis espectroquímico por Martínez Risco, que da como resultado la presencia de los elementos Fe, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Va, Cr, Mn, Co, Ni, Sr y Ba (?). Nosotros por vía espectroquímica delatamos también la existencia de Cu, Na e indicios de Ga y Ge, no identificando K, Na, Sr y Ba, que vienen dados en el análisis anterior.

En cuanto al análisis químico citado hecho en este meteorito, de las partes atraíbles y no atraíbles por el imán, pueden consultarse los resultados en la publicación correspondiente. El profesor Fernández Navarro también llevó a cabo un estudio micrográfico que nosotros hemos repetido estudiando la arenilla obtenida por percusión de una esquirla, bajo el objetivo del microscopio petrográfico, confirmando la presencia del olivino y de la hiperstena como principales componentes del magna granudo, así como la presencia de láminas opacas de pirrotita y algunos cristales de feldespató; identificamos también, con luz reflejada, otras laminillas metálicas de color gris plata, brillante, de hierro niquelífero. La arenilla obtenida por compresión de los condros estudiada ópticamente de una asociación de olivino hiperstena, dominando en unos el peridoto y en otros el piroxeno.

Podría establecerse una comparación de este meteorito con el caído en Guareña, localidad próxima a Olivenza de la misma provincia de Badajoz.

Además de los fragmentos citados que se conservan en este Museo Nacional de Ciencias Naturales, existen otros en el Ins-

tituto Geológico y Minero de España, en el Instituto de Enseñanza Media de Badajoz, en la Facultad de Ciencias de Madrid, así como en los museos de París, Londres y Portugal (conservándose en este último varios fragmentos). Algunos de los fragmentos que poseemos proceden de intercambios efectuados y que posteriormente se reintegraron a nuestras colecciones.

#### 19. METEORITO DE OJUELOS ALTOS, FUENTEVEJUNA (CÓRDOBA)

Fecha de caída, 10 de diciembre de 1926.

El peso de los tres fragmentos que conserva el Museo de Madrid es de 4,830 kgrs. 76,569 grs. y 6,075 grs., que dan un peso total de 4.912,644 grs.

Es un *esporasidereo oligosidereo*, su masa interna es de un color gris ceniza, en la que se destacan puntos brillantes metálicos y manchitas ocráceas. Se encuentra superficialmente recubierto por una costra pardo-negrucza y muestra las oquedades debidas al reblandecimiento de la masa meteórica, así como también se observan manchas rojizas diseminadas.

La masa lapídea es plagioclásica y se destaca en ella olivino e hiperstena identificadas por nosotros en su estudio micrográfico; las manchas rojizas son hematíticas, pues, en su composición mineralógica, entra también la magnetita en gránulos negros que destacan en la masa grisácea pétreo. Fué estudiado este meteorito por Fernández Navarro y hecho un análisis químico por el especialista francés M. Raoult, dándose para la proporción entre parte no atraíble y atraíble por el imán los valores 8,9073; 1,1808 y delatándose los elementos Si, Al, Fe, Mg, Mn, Ca, Na, K, Ti, P, S, Ni, Co. Nosotros hemos completado el estudio de este meteorito por el espectroanálisis que acusó como nuevos elementos en su composición: Cu, Cr, e indicios de Ga y Ge.

Su densidad es de 3,54.

Además de los fragmentos que conserva nuestro Museo, otros 70 gramos de este meteorito fueron regalados al profesor Lacroix para el Museo de París.

## 20. METEORITO DE OLMEDILLA DE ALARCÓN (CUENCA)

Fecha de caída, 26 de febrero de 1929.

Los varios fragmentos que se conservan en el Museo de Madrid dan la suma total de 36 kgrs. con 743,958 grs.

Es un *esporasidereo oligosidereo* de estructura marcadamente brechiforme con pequeños condros de hiperstena y minúsculos cristales de plagioclasa que destacan perfectamente en la masa pétreo gris-azulada del meteorito; dichos minerales han sido identificados también micrográficamente por nosotros. Se destacan en la masa inclusiones de magnetita con aureolas hematíticas. Fué hecho el análisis químico por M. Raoult, del Museo de París, tanto de la fracción atraíble como de la no atraíble por el imán y en és se dieron los elementos Si, Al Fe", Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn y Cr al estado de óxido, también SFe y hierro meteórico, así como Ni, Co y P. Además de estos elementos, nuestros análisis han acusado la existencia de Cu, Ti e indicios de Ga y Ge.

La estructura de este meteorito es compacta y su densidad es de 3,71.

## 21. METEORITO DE RELIEGOS (LEÓN)

Fecha de caída, 28 de diciembre de 1947.

El peso del ejemplar mayor es de 9,200 kgrs., más otros dos fragmentos más pequeños que suman 113,84 grs., dando la suma de 9,31384 kgrs.

Se trata de un litito. Ha sido estudiado por Gómez de Llarena (J.) y Rodríguez Arango (C.).

NOTA.—Los resultados del estudio completo de este meteorito figuran en la publicación correspondiente, que con el título de «El Astrolito de Reliegos (León)» se publicó en el núm. 3 del T. XLVIII del BOLETÍN DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL. 1950.—J. Gómez de Llarena y C. Rodríguez Arango.

\* \* \*

Hecho su análisis espectroquímico por nosotros, delata la existencia de los siguientes elementos: Al, Ca, Co, Cr, Fe, Mg, Mn, Na,

Ni, Si. e indicios de Cu, Ti y V. Se efectuó también el análisis gravimétrico por Gárate (M.<sup>a</sup> E.).

El astrolito de Reliegos presenta una superficie de un color gris rojizo en las típicas depresiones concoideas indicadoras de la pérdida de gases y también granillos de sílice salpicados, procedentes de la fusión de los condros de olivino y piroxeno. La fina película de fusión que lo recubre y que no llega a alcanzar el milímetro de espesor, está constituida en su mayor parte por sulfuro y óxido de hierro. La estructura interna es cataclástica, brechoide, formada por una masa bastante homogénea de menudos granos, con condros gruesos poco frecuentes; éstos están constituidos por los dos minerales ya indicados; olivino y el piroxeno enstatita, que son las especies minerales fundamentales en la composición mineralógica del meteorito de Reliegos, por lo que ha sido definido como un litito condrito olivino-enstatítico.

Su densidad media es, con certeza, de 3,33.

Además de los tres fragmentos que se conservan en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, también poseen fragmentos importantes los museos del Instituto Geológico y Minero de España y del Instituto Nacional de Enseñanza Media de León.

#### TÉCNICA ESPECTROQUÍMICA

Hemos seguido el método espectroquímico semicuantitativo por comparación visual, que se sigue en la Escuela Española de Espectroquímica, y las condiciones de trabajo han sido las siguientes:

Operamos con 0,05 grs. de polvo del meteorito que depositamos en el cráter del electrodo inferior positivo volatilizando en arco eléctrico, utilizando electrodos de carbón purísimo de seis milímetros de diámetro y el cráter horodado en ellos, de cuatro milímetros de profundidad y de diámetro. Conseguimos la volatilización total con una duración de cuatro minutos, suficiente para conseguir la volatilización total de la nuestra, desde que se inicia el arco y utilizando una corriente continua de 220 voltios, con una resistencia intercalada en serie de 40 ohmios; la intensidad de 5 amperios al iniciarse el arco.

El espectrógrafo utilizado fué un Hilger, tipo Litrow, con óp-

tica de cuarzo y la zona estudiada fué de 2,300 a 3,600 A°, utilizando película Kodak de sonido. El revelado se efectuó a fondo con metalhidroquinona, durante tres minutos, y a 18° de temperatura. Lavado y secado normal, sin corriente de aire.

\* \* \*

Los resultados del análisis espectroquímico de las veintiuna muestras de meteoritos quedan expuestos en el cuadro final de resultados, en éste se sigue un orden alfabético de los elementos hallados, que son los que únicamente figuran en el cuadro. Se investigaron otros muchos elementos que no figuran en la exposición de resultados, como fueron: Ag, Au, Ba, Be, Bi, Cd, Hg, In, Ir, Li, P (poco sensible), Pb, Pt, Rb, Sb, Se (muy poco sensible), Sn, Sr, Ta, Te y W.

Según la técnica seguida, no fueron hallados espectralmente los elementos P y Se, que son muy poco sensibles y tienen que encontrarse en una proporción sobre el uno por ciento para poderse determinar.

El B no puede darse con seguridad en todas las muestras, debido a que los electrodos empleados de carbón purísimo tenían como única impureza indicios de boro y las muestras señaladas (?) corresponden a los meteoritos, en los que las rayas 24968 y 24977 aparecen ligeramente reforzadas.

#### CONSIDERACIONES SOBRE LOS ELEMENTOS ENCONTRADOS

- Al = Aluminio.—Elemento de una gran sensibilidad, cuya presencia fué delatada en todos los meteoritos sometidos a análisis.
- Ca = Calcio.—Elemento también muy sensible, hallado en todas las muestras, acusándose en pequeña cantidad en el meteorito de Quesa (Valencia), que está definido como un holosidereo o hierro niquelífero.
- Co = Cobalto.—Elemento de poca sensibilidad que aparece en casi todos los meteoritos, a excepción del de Roda (Huesca).
- Cr = Cromo.—Elemento de mediana sensibilidad, fué hallado en todas las muestras en mayor o menor proporción.
- Cu = Cobre.—Igualmente fué acusada su presencia en todas las muestras de meteoritos estudiados; es un elemento muy sensible.

- Fe = Hierro.—Hemos hallado las líneas del hierro en todos los meteoritos, sin excepción, pues todos ellos son sideréos (bien holosideréos o esporásideréos).
- Ga y Ge = Galio y Germanio.—Se acusan indicios de estos elementos en la mayoría de las muestras.
- Mg = Magnesio.—Elemento de gran sensibilidad, que acompaña frecuentemente al Al y Mn, lo hemos hallado en todas las muestras analizadas.
- Mn = Manganeso.—Elemento de menor sensibilidad espectroquímica que el Mg, se delata, sin embargo, su presencia, simultáneamente a aquel elemento, en todos nuestros análisis.
- Na = Sodio.—Aparecen las rayas de este elemento en la mayoría de las muestras, aunque en proporciones diferentes.
- Ni = Níquel.—Elemento de mediana sensibilidad, se identifica en todos los meteoritos, a excepción del de Roda (Huesca), que en un principio fué tenido como asidereo y que, aunque hoy está reconocido como un criptosidereo, con hierro invisible, éste no se encuentra en él asociado al níquel.
- Si = Silicio.—Es el elemento de mayor sensibilidad espectroquímica aparente, de indudable difusión en los cuerpos intersiderales, ya que lo hallamos, sin excepción, en todos los meteoritos estudiados, en analogía a nuestro planeta, en el que su difusión es extraordinaria en la corteza terrestre.
- Ti = Titanio.—Elemento de gran sensibilidad, cuya presencia se delata en la mayoría de las muestras, aunque en proporciones diferentes.
- V = Vanadio.—Solamente se acusaron indicios de este elemento en el meteorito de Reliegos (León).

Oscilan las proporciones en que hemos encontrado los principales elementos investigados positivamente, dentro de los siguientes límites:

Al, Fe, Mg, ... ..	> 10 <sup>-2</sup>
Co ... ..	> 10 <sup>-4</sup>
Cr ... ..	10 <sup>-4</sup>
Cu ... ..	de 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-4</sup>
Mn ... ..	de 10 <sup>-2</sup> a 10 <sup>-4</sup>
Ni ... ..	de 10 <sup>-4</sup> a 10 <sup>-6</sup>
Ti ... ..	10 <sup>-5</sup>
V ... ..	10 <sup>-5</sup>

Los elementos Al, Fe y Mg, así como los suprimidos en esta columna Ca y Si, casi siempre dan rayas, por encontrarse en proporciones altas en los meteoritos estudiados en analogía a la difusión que dichos elementos tienen en la corteza terrestre, en donde los hallamos en proporciones superiores al uno por cien.

En consecuencia de esta revisión, tenemos en proyecto efectuar el análisis químico de aquellos meteoritos en los que no es justa la concordancia entre el valor antiguo hallado para los elementos que se analizan y nuestros datos.

En los análisis espectroquímicos realizados en el Instituto de Química Física «Gregorio de Rocasolano», del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, presentaron su valiosa colaboración las doctoras E. Gárate y A. Sampedro, a quienes hacemos constar aquí nuestro agradecimiento, así como al doctor López de Azcona, jefe de la Sección de Espectroscopia, que facilitó y orientó en todo momento nuestro trabajo.

*Laboratorio de la Sección de Mineralogía del Museo Nacional de Ciencias Naturales.*

Núm.  
de  
muestra

CUADRO I

	Lugar de caída en España	Al	B	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	Ge	Mg	Mn	Na	Ni	Si	Ti	V
1	Villanueva de Sigena, Murcia ...	+	¿	+	+	+	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	+	—
2	Varea, Logroño ... .. .	+	ind	+	+	+	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	+	—
3	Nules, Tarragona ... .. .	+	¿	+	+	+	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	—	—
4	Oviedo ... .. .	+	¿	+	+	+	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	+	—
5	Molina, Murcia ... .. .	+	ind	+	+	+	+	+	—	ind	+	+	—	+	+	+	—
6	Canyellas, Barcelona ... .. .	+	¿	+	+	+	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	+	—
7	Sevilla ... .. .	+	¿	+	+	+	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	+	—
8	Cangas de Onís, Oviedo ... .. .	+	¿	+	+	+	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	+	—
9	Cabezo de Mayo, Murcia ... .. .	+	ind	+	+	+	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	+	—
10	Roda, Huesca ... .. .	+	¿	+	—	+	+	+	ind	ind	+	+	+	—	+	+	—
11	Guareña, Badajoz ... .. .	+	¿	+	+	+	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	+	—
12	Los Martínez, Cervera, Murcia.	+	¿	+	ind	+	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	+	—
13	Madrid ... .. .	+	ind	+	+	+	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	+	—
14	Quesa, Valencia ... .. .	+	+	poco	+	>ind	+	+	ind	ind	+	+	ind	+	poco	>ind	—
15	Gerona ... .. .	+	¿	+	+	+	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	+	—
16	Sitges, Barcelona ... .. .	+	¿	+	+	+	+	+	ind	ind	+	+	ind	+	+	>ind	—
17	Colomera, Granada ... .. .	+	¿	+	+	ind	+	+	ind	ind	+	+	ind	+	poco	>ind	—
18	Olivenza, Badajoz ... .. .	+	¿	+	+	+	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	+	—
19	Ojuelos Altos, Córdoba ... .. .	+	¿	+	+	>ind	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	+	—
20	Olmedilla de Alarcón, Cuenca ...	+	¿	+	+	+	+	+	ind	ind	+	+	+	+	+	+	—
21	Reliegos, León ... .. .	+	—	+	+	+	ind	+	—	—	+	+	+	+	+	ind	ind

SECCIÓN GEOLOGICA

## BIBLIOGRAFIA (\*)

- BERWERTH (F.), 1909: «Das Meteoreisen von Quesa». *Ann. des K. K. Naturhist. Hofmus.* Tomo XXIII, págs. 318-338.
- BOLÍVAR (I.), 1902: «Sobre los meteoritos de Guareña y de Madrid, regalados al Museo de Historia Natural». Comunicación. *Bol. Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo II, pág. 227.
- BROWN, HARRISON, PATTERSON y CLIRE, 1947-1948: «The composition of meteoritic matter». *J. Geol.* Tomos I, 55, pág. 405; II, pág. 508; III, 56, página 85.
- CALDERÓN (S.), 1892: «Caída de un meteorito en Guareña (Badajoz)». *Actas de la Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo XXI, págs. 158-159.
- — 1901: «Observaciones sobre el meteorito de Quesa (Valencia)». *Bol. Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo I, págs. 108-109.
- CALDERÓN y QUIROGA, 1893: «Estudio petrográfico del meteorito de Guareña (Badajoz)». *Anales de la Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo XXII, páginas 127-136.
- CALDERÓN (S.), 1901: «Obsevaciones sobre el meteorito de Quesada (Valencia)». *Bol. Soc. Esp. de Hist. Nat.* T. I, págs. 108-109.
- COHEN (E.), 1889: «Uber das Meteoreisen von Quesa, provinz Valencia (Spanien)». *Mitt. aus dem Naturwiss. Ver. für Neu-Vorpommern u. Rügen.* Tomo XXXI, págs. 63-66.
- — 1903: «Meteoritenkunde». Stuttgart.
- DORRONSORO (J.), y MORENO MARTÍN (F.), 1934: «Sobre un hierro meteórico de la provincia de Granada, Colomera». Año XXXII. Núm. 317. *Anales de la Soc. Esp. de Física y Química.* Tomo XXXII.
- ESCOSURA (L.): «Aerolito de Nulles (Tarragona)». *Revista Minera.* Vol. III, página 407.
- FAURA, y SANS (M.), 1920-1922: «Meteoritos caídos en la Península Ibérica». *Revista Ibérica.* Año IX. Núms. 328, 418, 421, 428, y 435. Tortosa.
- — 1921: «Meteorts caiguts a Catalunya». *Butlletí del Centre Excursionista de Catalunya.* Núm. 322.
- FERNÁNDEZ NAVARRO (L.), 1924: «El meteorito de Olivenza (Badajoz)». *Bol. Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo XXIV, págs. 339-341.
- — 1929: «Meteorito de Olmedilla de Alarcón (Cuenca)». *Mem. Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo XV.
- — 1929: «Meteorito de Ojuelos Altos». *Bol. Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo XXIX. Núm. 1, págs. 19-24.

(\*) Sólo se citan en esta sucinta bibliografía aquellos trabajos en relación con los meteoritos a que nos hemos referido en el texto y cuya revisión se ha llevado a cabo, así como alguna obra de interés científico en relación con nuestro tema.

- GÓMEZ DE LLARENA (J.), y RODRÍGUEZ ARANGO (C.), 1900: «El astrolito de Reliegos (León)». *Bol. Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo XLVIII. Núm. 3, páginas 303-315.
- GORDON MORALES (J.), 1936: «El hierro meteórico de Mallorca». *Bol. Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo XXXVI. Núm. 6.
- GREDILLA Y GAUMA (A. F.), 1886: «Noticia sobre los meteoritos que existen en algunos museos y lista de los que hay en el de Madrid». *Actas de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo XV, págs. 41-45.
- — 1892: «Estudio sobre los meteoritos». Con una parte especial referida a los meteoritos españoles. Madrid.
- HEIDE (F.), 1934: «Kleine Meteoritenkunde», págs. 63 y siguientes. Berlín.
- LUANCO (J. R.), 1867: «Noticias del aerolito que cayó en las inmediaciones de Oviedo, el 5 de agosto de 1855, seguido de sus análisis cualitativo y cuantitativo». *Revista de los Progresos de las Ciencias.* Tomo XVII. Número 3. Madrid.
- — 1874: «Descripción y análisis de los meteoritos que cayeron en Cangas de Onís (Asturias)». *Anales de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo III, páginas 69-95.
- MARTÍN CARDOSO (G.), 1935: «Un siderito caído en Mallorca». *Bol. Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo XXXV, pág. 453.
- MEUNIER (S.), 1909: «Guide dans la Collection des Meteorites». Paris.
- PANETH (F. A.), 1940: «The origin of Meteorites», Halley lecture, Oxford.
- PISANI y DAUBREE, 1876: «Meteorito de Roda (Huesca)». *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España.* Tomo III, págs. 277-278. Madrid.
- RANKKAMA (K.), y SAHAMA (TH. G.), 1954: «Geoquímica», 1-7. Composición y estructura de los meteoritos. Traducción de BOLFVAR IZQUIERDO (I.) de la obra de dichos autores: «Geochemistry». Chicago-Helsinki, 1949.
- SOLANO (J.), 1872: «Noticia sobre la piedra meteórica caída en el término de Murcia». *Anales de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo I, págs. 77-84.
- WARD (H. A.), 1904: «Catalogue of the Ward Coonley Collection of Meteorites». Chicago.