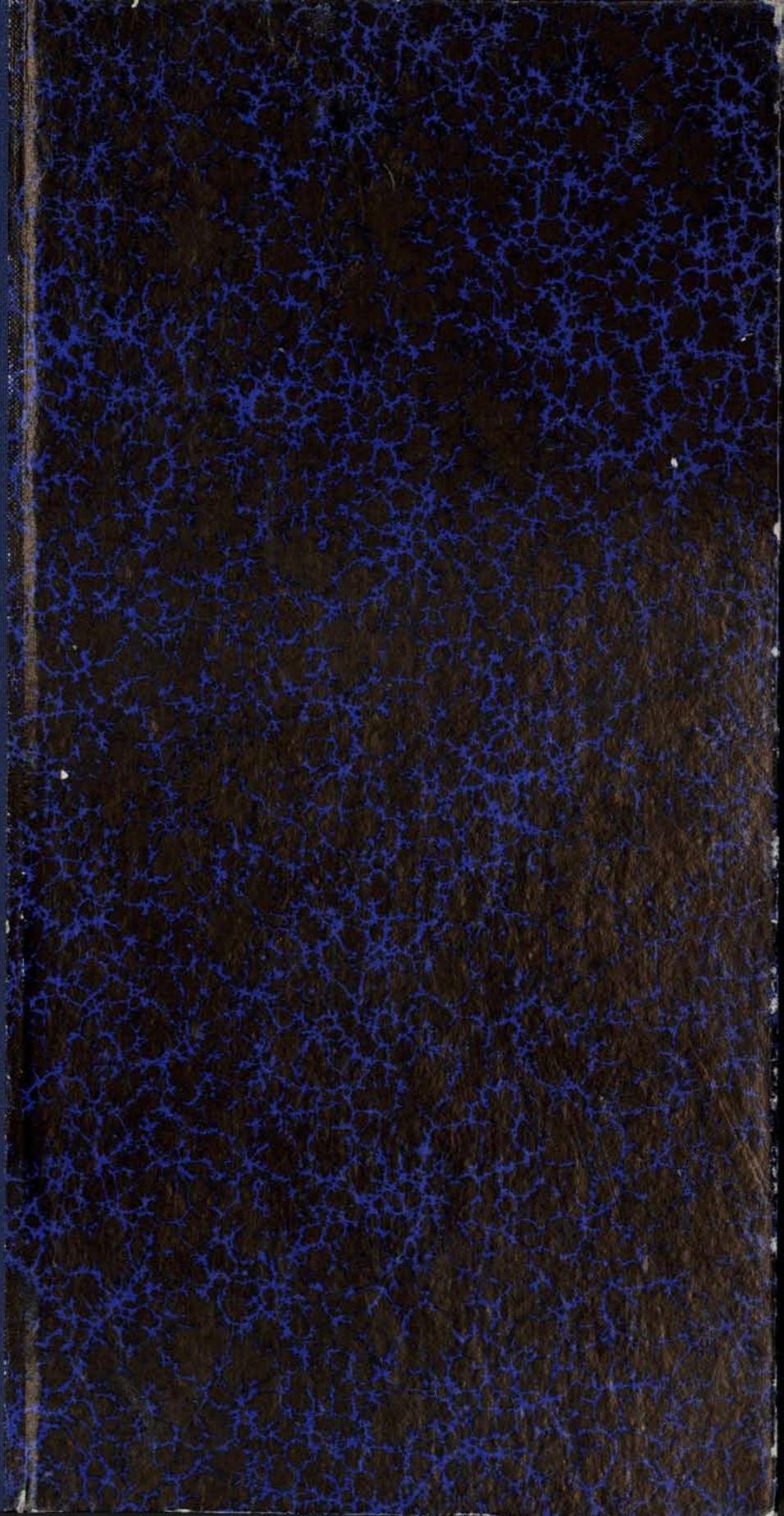
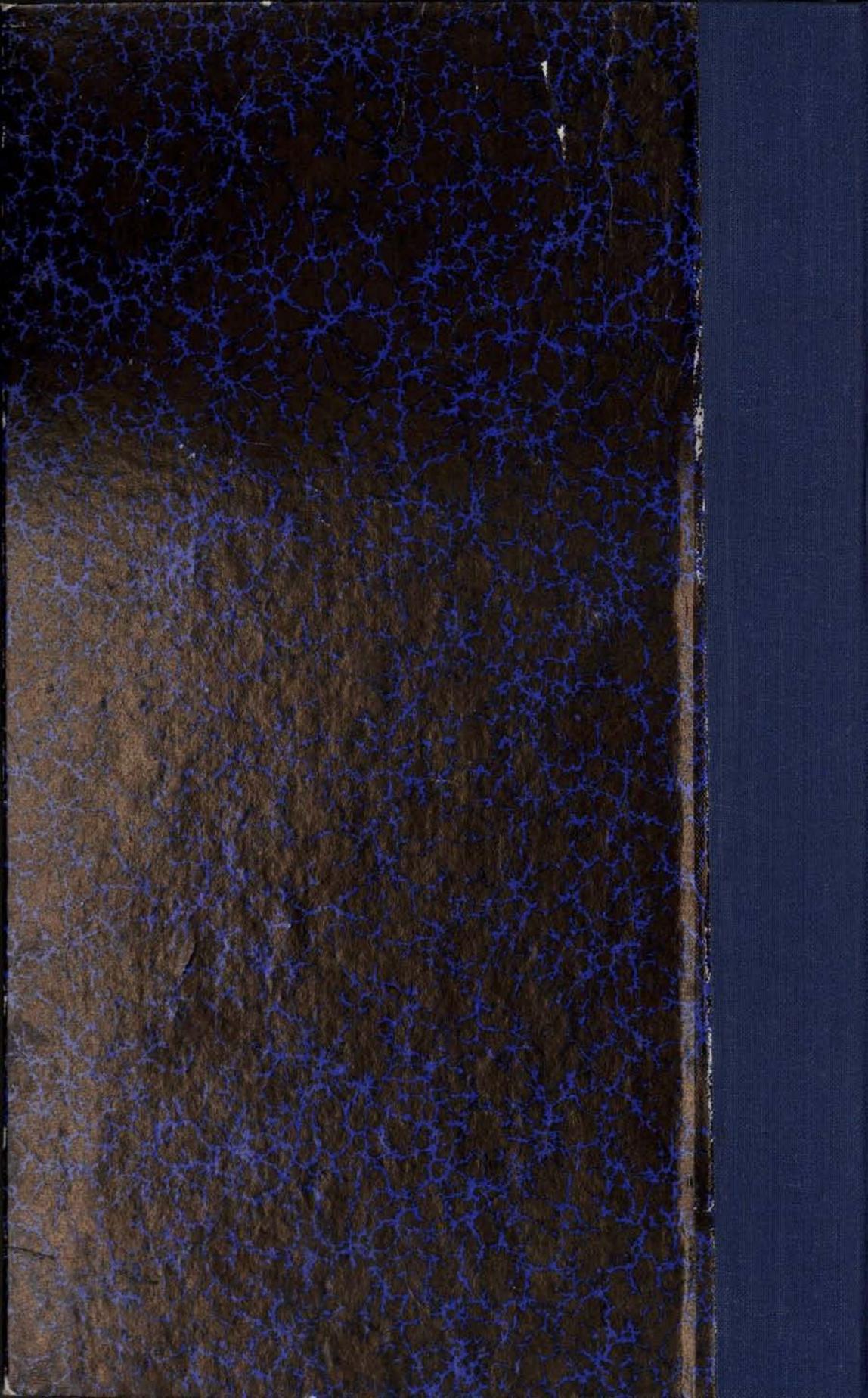


A-C.68/7







V. 281  
E

A-Gj 68  
7



ESTUDIO PETROGRÁFICO

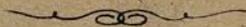
DEL

METEORITO DE MADRID

POR

D. APOLINAR FEDERICO GREDILLA Y GAUNA

DOCTOR EN CIENCIAS NATURALES, PROFESOR DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL  
Y AYUDANTE, POR OPOSICIÓN, DEL MUSEO DE CIENCIAS NATURALES



MADRID

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE FORTANET

IMPRESOR DE LA REAL ACADEMIA DE LA HISTORIA

Calle de la Libertad, núm. 29

—  
1896



ESTUDIO PETROGRÁFICO

R  
38212

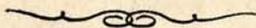
DEL

# METEORITO DE MADRID

POR

D. APOLINAR FEDERICO GREDILLA Y GAUNA

DOCTOR EN CIENCIAS NATURALES, PROFESOR DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL  
Y AYUDANTE, POR OPOSICIÓN, DEL MUSEO DE CIENCIAS NATURALES



MADRID

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE FORTANET

IMPRESOR DE LA REAL ACADEMIA DE LA HISTORIA

Calle de la Libertad, núm. 29

1896



3. A mi buen amigo Sr. Rodríguez Agui  
do en affua

Gredilla

---

(Anul. de la Soc. Esp. de Hist. Nat., tomo XXV, 1896.)

---

# ESTUDIO PETROGRÁFICO

DEL

## METEORITO DE MADRID.

---

¡Cuán importante es el estudio de estos restos planetarios! Por un lado, el modo que tienen de presentarse en escena con esos fenómenos extraordinarios que acompañan su caída, y que tuvimos ocasión de observar el 10 de Febrero último á las nueve y media de su mañana, y por otro, esa estructura especial que el naturalista descubre sin más que hacer pasar la luz á través de su masa interna, y que resuelve de una manera satisfactoria, no sólo el modo de agregación ó agrupación de los elementos, sino también la determinación de las especies mineralógicas de que están formados.

No es mi objeto relatar los fenómenos que acompañan la caída de estos seres (1); todos los conocemos; no es mi idea repetir lo que todos los periódicos de la localidad han publicado; solamente diré que la luz fué tan intensa, el estruendo tan formidable y las detonaciones sucesivas tan rápidas, que nadie dudó, ante este último efecto, no se tratara de la demolición de un edificio en sitio próximo al que se encontraba.

En vista de estos hechos, y teniendo en cuenta su esfera de acción que abarcó algunas provincias, bien puede exclamarse con Tisserand, Director del Observatorio de París, que « el bó-

---

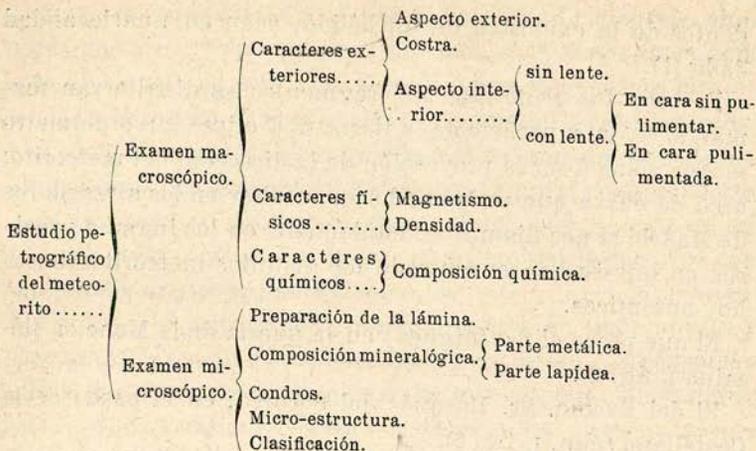
(1) GREDILLA: *Estudio sobre los meteoritos*, 1892, pág. 13.

lido de Madrid es el más importante de cuantos hasta ahora han estallado.»

Esta explosión, como fuerza instantánea, ha dado por resultado la desmembración del bólido en fragmentos que con el nombre de meteoritos han abarcado en su distribución geográfica una extensión superficial considerable; y en virtud de la gravedad, como fuerza continua, la caída de los mismos sobre la superficie de la tierra; fragmentos que, al formar parte de nuestro globo, solamente al naturalista corresponde su estudio para comparar su composición litológica con la del planeta que habitamos, y afirmar más y más la unidad de composición de los astros que navegando en el espacio, continuamente giran en derredor del astro-rey bajo esos principios ó leyes determinadas por el Creador á la nebulosa primordial.

Si por lo que véis tan interesante es el estudio litológico de los meteoritos, para darse cuenta exacta de la unidad de composición entre los globos siderales que forman parte del sistema solar, encaminado voy á su análisis micrográfico, consecuente con la manera de ver de los naturalistas modernos, dándole, sin embargo, cierto alcance cristalográfico bajo el punto de vista geométrico que, descuidado generalmente por los micrógrafos dedicados á monografías de este género, es de una necesidad absoluta en los análisis, para tener seguridad en la determinación de las especies mineralógicas que constituyen la trama de la masa interna del meteorito.

He creído conveniente, con objeto de examinar todas las cuestiones que con la ciencia meteórica se relacionan, bajo el punto de vista analítico, seguir un orden que, al mismo tiempo que me sirve de guía, conduzca con método al resultado deseado; por lo cual expongo en el siguiente cuadro las materias que hemos de tratar y que han de servir de base al presente estudio; pero ante todo me permitiréis dar las más expresivas gracias al distinguidísimo catedrático de Astronomía de la Universidad Central, Sr. Iñiguez, quien habiendo tenido la bondad de remitirme tres plaquitas de meteorito en condiciones de ser preparadas, me ruega le comunique el informe petrográfico, petición honrosa que ha motivado el estudio que voy á comenzar.



EXAMEN MACROSCÓPICO.

*Aspecto exterior.*—Varios meteoritos han sido recogidos en Madrid; como auténticos hasta ahora podemos citar los siguientes:

Meteorito del Excmo. Sr. Cánovas del Castillo. Pesa 143 gr. 79 cg.		
Idem del Excmo. Sr. Iñiguez.....	>	132 77
Idem del Excmo. Sr. Marqués del Socorro.....	>	27 47
Idem del Sr. Macpherson.....	>	3 95
Idem del Sr. D. Melchor Palau.....	>	1 30

todos ellos completos; y fragmentos, pero con costra, dos adquiridos por el Observatorio Astronómico, cuyos pesos respectivos son 54 gr. y 19 gr. cada uno (1).

No he visto el del Sr. Arcimis; ignoro, por consiguiente, si será auténtico; sólo sí advertiré que lo envió al Sr. Flammarrion, y éste dice que por el interior es gris de hierro.—¿Será meteorito? El fragmento pesa 6 gramos.

Notabilísima en extremo es la distribución topográfica de estos meteoritos, en relación con la regla general observada en la dispersión de las varias piedras meteóricas que, proce-

---

(1) Del fragmento de 54 gr. (hoy reducido á 44) se han separado las esquirlas necesarias para este estudio petrográfico, y el resto está en poder del Museo de Historia natural, gracias á la donación del Excmo. Sr. Director del Observatorio astronómico, D. Miguel Merino; olvidaba decir que también se quitó parte para el análisis químico.

dentes de la explosión de un bólido, caen en una localidad dada (1).

Es muy frecuente que los fragmentos se distribuyan formando en la superficie de la tierra una elipse cuyo diámetro mayor viene á ser la proyección de la dirección del meteorito; arco de curva que podemos hacer resaltar en los alrededores de Madrid si nos fijamos detenidamente en los lugares precisos en que se han encontrado los distintos meteoritos hasta hoy auténticos.

El que posee el Sr. Iníguez, en la puerta de la Moncloa (lámina 1, fig. 2).

El del Excmo. Sr. Marqués del Socorro, en el paseo de la Castellana (lámin. 1, fig. 6).

El del Excmo. Sr. Cánovas del Castillo, en la huerta del Sr. Medina, frente al Hipodromo (lámin. 1, fig. 1).

El de mayor peso, del Observatorio astronómico, donado al Museo de Historia natural, en la calle de Serrano, frente al cuartel de la Guardia civil (lámin. 1, fig. 3).

El del Sr. Palau, en el jardín del colegio de las Ursulinas.

El del Sr. Macpherson, en los solares del Marqués de Zafra, cerca de la fuente del Berro (lámin. 1, fig. 5).

Y finalmente, el fragmento de menor peso, del Observatorio astronómico, en el puente de Vallecas (lámin. 1, fig. 4).

Merece especial atención advertir que acompañó á la caída de estos meteoritos una verdadera *lluvia de fina piedra meteórica*, como lo demuestra el ruido que se produjo en los cristales del colegio de las Ursulinas, muy semejante (según relato de profesoras y colegialas) al efecto de una granizada en una tormenta (2), y además el hallazgo en el jardín de dicho centro instructivo, como consecuencia del fenómeno anterior, de un humilde pero auténtísimo meteorito que fué á parar, como correspondía, al Sr. D. Melchor Palau, profesor de Geología de la Escuela de Caminos y padre de la señorita educanda que por casualidad lo encontró, á pesar de las codiciosas miradas de todas las allí presentes.

(1) GREDILLA: *Estudio sobre los meteoritos*, 1892, pág. 16.

(2) Terminada la granizada meteórica, todas las allí presentes salieron rápidamente al jardín del establecimiento con objeto de observar por el suelo qué pudo ser lo que cayó y que fué motivo de la sensación que experimentaron maestras y discípulas.

Claro es que el fenómeno no tiene nada de extraño, sino que, por el contrario, es muy natural, si se tiene en cuenta que dicho colegio está situado en la curva topográfica que corresponde al área de dispersión de los meteoritos encontrados.

Todos ellos presentan los mismos caracteres externos fuera de la forma que, aunque variable, viene á tener siempre cierta semejanza en su configuración; es decir, que se trata de un poliedro más ó menos irregular, y en general tetraédrico con ángulos y aristas redondeados.

*Costra.*—La superficie es oscura; negra en unos puntos y pardo negruzca en otros, resultado de la fusión ó vitrificación de la parte mineralógica que constituía aquella. En vista de esto, ¡qué vertiginosa no será la carrera que lleve el meteorito en su camino, para que por una oxidación tan intensa, atravesando las capas de aire, se cubra de esa costra superficial sin ejemplo en las rocas de nuestro globo!

Dice el Sr. Iñiguez (1) «de todos los ejemplares recogidos, el que mejor acusa los fenómenos que por elevación de temperatura y roce con el aire se producen en la superficie de los meteoritos es el que posee el Sr. Cánovas del Castillo. La parte anterior de este meteorito es lisa y parda, lo cual manifiesta que la pérdida de materia fundida fué casi total en aquella región: en los bordes aparecen líneas ásperas, negras y prominentes, formadas por materia fundida que no fué sustraída por el aire; en la parte posterior la superficie es granosa, áspera y negra, indicando que allí, quizá más que sustracción de materia fundida, hubo acumulación de la arrastrada por el aire en la parte anterior.»

Surcan la superficie eminencias ligeras y depresiones poco profundas muy parecidas ó semejantes á las producidas con los dedos amasando una substancia pastosa y cuyo efecto tiene por causa sin duda alguna la mayor fusibilidad de la masa en las regiones donde aparece deprimido, perdiéndose materia al atravesar el aire.

*Aspecto interior.*—En oposición á los caracteres externos que acabamos de mencionar, la piedra de Madrid interiormente es de color blanco grisáceo que corresponde á la masa crista-

---

(1) *Los bóhdos.* «El Magisterio español», 20 Abril, 1896.



lina de que está formada, observándose en algunos puntos manchas rojizas ó pardo amarillentas bordeando los brillantes granillos de hierro que abundan en la substancia gris de que se ha hecho referencia.

Bastarían los datos que acabamos de relatar, para fijar la semejanza completa que existe entre el meteorito y cualquier roca terrestre; más inconfundible todavía si, como dice muy bien el Excmo. Sr. Marqués del Socorro, lleva consigo el *sello de fábrica*, es decir, esa costra tan característica, ese atributo especial, en una palabra, que coloca á estos seres extraterrestres bajo el punto de vista de analogía ó semejanza, á distancias inconmensurables de todas las rocas del globo terráqueo.

Ya con la ayuda de la lente se hacen más visibles y se destacan mejor las láminas brillantes de hierro, y se perciben además en la masa general grietas negras en direcciones diversas, algunas de las cuales bordean á determinados cristales blanco grisáceos.

Bruñendo ó pulimentando una cara de paso que se prepara una sección para el estudio micrográfico, y mediante el auxilio de la lente, se distinguen de una manera perfecta y con facilidad suma ciertos elementos minerales que luego serán descritos.

Obsérvase en su parte metálica granos brillantes de color blanco de estaño con bordes angulosos que corresponden á la substancia mineralógica llamada *Schreibersita*, y además otros redondeados y de color pardo que han recibido el nombre de *Troilita*; y en su parte lapídea se reconocen no menos visiblemente tres substancias: hialina y de aspecto craso una de ellas, blanca la otra y verdosa la tercera, que corresponden respectivamente á los minerales *olivino* y *feldespato* las dos primeras y *enstatita* ó *augita* sin precisar la última.

De lo expuesto se deduce que el naturalista que es práctico en esta clase de estudios descubre de un modo casi seguro las especies minerales de que está constituido el meteorito; y aun cuando no puede afirmarse de un modo concluyente valiéndose del mezuquino medio de una lente, debe prever el resultado sin embargo, sin perjuicio de rectificar esta apreciación, si, como no creo, el examen microscópico cuyo tema ha de servir de base á la segunda parte de este estudio petrográfico,

no viniera á confirmar esta clasificación mineralógica objeto principal de este trabajo.

Interesante es sobremanera se manifiesten también en la masa general esos granos redondeados de aspecto mate que diseminados en la trama interna de la roca comunica á su estructura una facies especial, y que han sido denominados *condros* por los naturalistas modernos, admitiendo de esta manera la palabra empleada por Gustavo Rose.

*Estructura.*—Estos minerales antedichos, uniéndose de maneras muy diversas, dan lugar á que la piedra meteórica de Madrid, aun siendo aparentemente grande y por tanto áspera al tacto, se manifieste en ciertos puntos desmoronable y con bastante porosidad, y en otros, por el contrario, con adherencia suma y suficiente impermeabilidad.

La primera propiedad física parece corresponder á tres causas principalmente, cuales son: 1.<sup>a</sup>, las manchas ocráceas que por alteración del hierro dan como resultado final el desgaste y la infiltración de la substancia oxidada á través de la materia lapídea; 2.<sup>a</sup>, las fisuras negras que atravesando el todo son líneas de menor resistencia que facilita la separación de las partes, y 3.<sup>a</sup>, los condros, que siendo de formación deuterogénica, y aun cuando se asocien á la masa fundamental de un modo íntimo y formen lo que pudiéramos decir un todo continuo, se nota, sin embargo, cierta separación en ellos, como lo prueba la facilidad con que se desmembran de la masa al menor roce y la dificultad en bruñir una sección micrográfica.

Por el contrario, en los lugares que están libres de las causas que acabamos de enumerar, se nota una adherencia tan grande que no sólo resiste á la ruptura, sino que también llegan á dar chispas con el eslabón.

*Magnetismo.*—Su acción magnética es pasiva: es decir, que actúa el meteorito sobre la barra imantada, atrayendo indistintamente los dos polos.

*Densidad.*—Varios ensayos se han hecho para determinar la densidad del meteorito de Madrid; tres con fragmentos de substancia y uno con el meteorito que posee el Sr. Iniguez, prestándolo espontáneamente, aun á riesgo de las consecuencias que pudiera tener, en vista de las diferencias encontradas.

Las densidades halladas son:

Sres. Quintero y Martí.....	3.49	á la temperatura de	0°
Sr. Bonilla.....	3.61	—	16°
Sr. Meunier.....	3.59	—	16°

y con meteorito entero

Sres. Quintero y Martí.....	3.55989	—	17°
-----------------------------	---------	---	-----

*Composición química.*—El meteorito de Madrid ha sido objeto de un análisis completo y cuantitativo llevado á cabo por don Santiago Bonilla, catedrático de Química general en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central.

Del trabajo realizado por dicho señor, resulta que dicho meteorito en cien partes contiene:

Sílice.....	58.8560
Magnesia .....	15.9495
Sulfuro ferroso.....	7.2344
Óxido férrico.....	5.1089
Hierro metálico.....	7.7454
Alúmina.....	2.3607
Niquel.....	1.2984
Cal.....	0.5099
Bióxido de manganeso.....	0.0799
Fósforo, cromo, cobre, litio.....	} 0.8569
Sodio, potasio y materia orgánica.....	
SUMA.....	100.0000

#### EXAMEN MICROSCÓPICO.

*Preparación de la lámina.*—Llegar á conseguir una sección suficientemente delgada para el estudio micrográfico, teniendo en cuenta la mezcla tan heterogénea de elementos mineralógicos, su desigual distribución, y más que todo lo deleznable de la estructura que poseen estos fragmentos extraterrestres, es problema que ofrece bastantes dificultades. Sin embargo, con bastante dosis de paciencia, habilidad poco común en este género de operaciones (1) y vista para descubrir una sección

---

(1) Tengo entendido que los naturalistas alemanes y franceses envían los fragmentos á prácticos para que hagan las preparaciones, defecto grande que lleva consigo no tener secciones que reúnan las condiciones de un estudio completo.

que abarque el mayor número de elementos mineralógicos tratándose de una substancia tan heterogénea, se llega á la meta fácilmente. Recomendando, para conseguir este objeto primordial, hacer uso continuo de la lente mientras se pulimenta la primera cara, y cuando el naturalista comprenda reúne las condiciones que desea, fijarla en el cristal porta-objetos, con lo cual conseguimos además estudiar el aspecto interior en placa pulimentada.

Ahora bien, dijimos en párrafos anteriores al tratar de la estructura, y es preciso recordar ahora, que el meteorito objeto de nuestro estudio, y todos en general, gozan de las condiciones de ser porosos é impermeables; como que de estas dos fuerzas la mayor en intensidad es la porosidad, la resultante paralelográmica acercándose á la mayor, dará por resultado que los meteoritos absorban agua, y claro es que entonces se dejarán penetrar por el bálsamo del Canadá en caliente, que es líquido, con suma facilidad; lo que así sucede en efecto y es el fundamento principal de todas las preparaciones micrográficas.

En su consecuencia, para preparar una sección delgada se sigue el método ordinario, usando ladrillos de esmeril muy fino y teniendo cuidado de adelgazar con suavidad. Algo antes de terminar la operación, y cuando vea el operador que tiende á desgranarse el fragmento con facilidad, se hace una masa de la sección con bálsamo del Canadá que, después de secarse, une fuertemente los elementos de ella como si fuera una piedra, y después se sigue adelgazando hasta que dicha sección reúna las condiciones de transparencia que todos conocemos.

*Composición mineralógica.*—Bajo el campo microscópico se notan en el meteorito dos partes completamente distintas: una *metálica* y otra *lapídea*, advirtiéndose en esta última nódulos redondeados, empastados por la masa finamente granudo-cristalina, á los cuales Gustavo Rose dió el nombre de *Chondrites* ó condros.

*Parte metálica.*—He reconocido en ella tres minerales distintos, que son: la *Schreibersita* en la masa interna de otro mineral ferro-niquelífero que parece ser la *Kamacita* por el aspecto azulado que presenta, la *Troilita* y la *Cromita*.

(41-53). *Schreibersita* (fosfuro de hierro y níquel) (1).—Se presenta en forma de finas agujas muy brillantes, á las que Gustavo Rose dió el nombre de *Rhabdites*, en el interior de una masa negro-azulada que parece ser la *Kamacita* ( $\text{Fe}_{14}\text{Ni}$ ) de forma poligonal é irregular (lám. II, fig. 8).

Estas finas agujas comunican á las laminitas en que se encuentran una flexibilidad y un brillo metálico muy notable; de aquí el nombre de hierro brillante con que es denominada la *Schreibersita*.

Observadas además dichas laminitas á luz refleja fuera del campo microscópico, presenta el color blanco de estaño característico de este mineral.

Tiene absorción de luz muy marcada, y para observar bien dichas agujitas y conseguir que se destaquen todo lo mejor posible, es necesario girar la platina  $45^\circ$  de la coincidencia  $0^\circ$  entre nonius y regla del microscopio; observando entonces con luz refleja los lugares que ocupa este mineral, aparecen en la sección como lagunas de agua.

No queda duda con estos caracteres y á la vista de estos fenómenos que el mineral de que se trata es la *Schreibersita*.

(41-53). Debido á la peroxidación del hierro, bordean á estas láminas metálicas unas manchas de color pardo-rojizo ó amarillentas, las que se comunican á la parte lapídea olivínica que les circunda, y á lo que Meunier ha dado en llamar posiblemente *Fayalita* (silicato de hierro) (2).

Para asegurarme de ésto he oxidado rápidamente, por intermedio del calor, una de las preparaciones micrográficas y he obtenido el resultado que deseaba, cual es, haber teñido todos los minerales lapídeos á través de sus grietas reticulares del color rojizo amarillento que circundaba al hierro y éste se ha quedado libre de toda alteración.

(1) Representan los números (41-53) que van delante del nombre de las especies mineralógicas, los de las reglas vertical y horizontal de la platina del microscopio; medio sencillo en fijar la posición de los cristales.

(2) A mi modo de ver se trata simplemente de un olivino con todos sus caracteres, y únicamente en las grietas de éste se percibe el color rojizo del óxido de hierro, peroxidación que con el coeficiente tiempo sería más bien producto de alteración y destrucción que de formación de fayalitas, como podemos observar en nuestras rocas terrestres, en las cuales dicha oxidación perfora en grado máximo los materiales, y comunicándose más fácilmente el interior con los agentes externos, contribuye á la destrucción completa de la roca, agrietándola y pulverizándola previamente.

(30-55). Es interesantísimo que esta *Schreibersita* se halle bordeada por la *troilita*; facies especial de asociación que determina Tschermak en su obra de Mineralogía y que viene en apoyo de mi manera de ver.

(48-51). *Troilita* (protosulfuro de hierro).—Este mineral metálico se encuentra más abundante que el anterior y se presenta en masas redondeadas de color pardo bronceado muy bajo, con brillo metálico, á los cuales se debe principalmente la acción magnética del hierro.

Se pudiera confundir, sin embargo, con la *pirrotita*, incluidas ambas por algunos autores en la misma especie mineralógica; pero debe tenerse presente que la *troilita* no se ha encontrado cristalizada y sí en masas compactas y redondeadas, es de color amarillo bronceado muy bajo de tono, su composición es Fe S y no es mineral terrestre; y la *pirrotita* se encuentra cristalizada en el sistema exagonal, y si á veces no cristaliza, se presenta en masas granudas de color amarillo-bronceado claro, oscilando su composición entre Fe S y Fe<sub>7</sub> S<sub>8</sub>.

Otra particularidad de los granos de *troilita* es, que ninguno de ellos, bajo el campo microscópico, está bordeado de peróxido de hierro como sucedía á la *Schreibersita*, y también que suelen perder la forma redondeada para adquirir la de elipses alargadas cuando se encuentran estos granos encerrados en el interior de las grietas manganesíferas que circulan por la preparación (lám. II, fig. 9).

(33-57). *Cromita* (hierro cromado).—Se presenta en la sección micrográfica menos abundante que las dos anteriores; sus contornos son redondeados ó angulosos, y en este último caso recuerdan la forma romboidal ó triangular del octaedro en que cristaliza esta substancia é imprimen al mismo tiempo cierto sello á la roca cuya importancia más tarde manifestaremos.

Estos granos, generalmente los angulosos, son negros mates, y no faltan, sino que por el contrario abundan, otros de color pardo-negruzco y pardos solamente, que más pequeños se encuentran como inclusiones formando parte del olivino (lámina II, fig. 9).

*Parte lapídea*.—Como más abundante en la masa meteórica debemos fijar detenidamente nuestra atención para dar á conocer de una manera concluyente las especies mineralógicas

que la constituyen, sirviéndonos, claro está, de los conocimientos que aporta la sana doctrina cristalográfica con sus principios revelados por la geometría y física y sin el auxilio de la química, tan innecesaria como inútil en los estudios petrográficos.

Bajo el primer concepto se determinan forma, líneas de crucero y maclas, que con las medidas de ángulos y direcciones que este estudio aporta y con el auxilio que la luz convergente proporciona, fijan el sistema en que cristaliza la substancia; y el segundo medio determina, finalmente, con visible facilidad la medida de los ángulos de extinción (1), no olvidando otros caracteres como el color, policroismo y polarización cromática, tan necesarios para la determinación de las especies mineralógicas.

Auxiliado con estos medios, y deseoso de cumplir con el honroso deber á que me he comprometido, gracias al cariño que tengo á las ciencias de observación, empezaré por describir los caracteres de aquellas especies esenciales que se encuentran en el meteorito, terminando con otras cuyo papel es mucho más secundario.

*Olivino ó peridoto* (silicato de magnesia y hierro).—El primero que parece llenar toda la masa lapídea y como consecuencia elemento más esencial que se encuentra, es sin duda alguna el olivino; bajo este punto de vista y por contener incluido bastante hierro cromado, pudiera compararse, y con

(1) He observado con cierta sorpresa en los autores de *Cristalografía*, y entre ellos Gorecki (*Manuel du Microscope Latteux*, p. 742), que para medir los ángulos de extinción después de hacer coincidir borde del cristal, línea de crucero ó macla con el hilo del retículo, se hace girar *en un sentido ú otro* la platina del microscopio hasta la obscuridad completa.

Nada más erróneo que esto: supuesto que si el ángulo de extinción, por ejemplo, es de  $25^\circ$  en un sentido, haciendo girar en sentido contrario será de  $65^\circ$ , ó sea el complemento de  $25^\circ$ ; puesto que estando los ejes de elasticidad óptica del cristal perpendiculares, y observándose la obscuridad completa en las coincidencias de estos con las secciones principales de los nicoles, que están colocadas precisamente en ángulo recto, es matemático que sean complementarios; los dos ángulos, y únicamente serán iguales cuando la coincidencia del hilo del retículo esté en relación con una línea de macla.

Sería de desear, en atención á lo que llevamos dicho, que los autores fijaran para la medida del ángulo de extinción (previa la coincidencia con línea de crucero ó borde del cristal) se hiciera la revolución en el sentido de la derecha ó hacia el interior de la lámina cristalina.

razón, esta roca á otra de la Serranía de Ronda que, relacionada con la serpentina, se le ha dado el nombre de *Dunita*.

Los caracteres típicos que los micrógrafos asignan á esta especie se presentan de un modo marcadísimo.

(24-47). En una de las preparaciones microscópicas se puede admirar un grueso semicristal con forma exagonal alargada, en el que se puede medir el ángulo de  $81^\circ$  que forman los biseles contiguos de la arista macropinacoidal, el gran desarrollo de la cara básica y el alargamiento del cristal por la excesiva longitud de la truncadura macropinacoidal; la otra mitad ha sufrido una fragmentación efecto de la rotura del bólido (lám. III, fig. 10).

Pero no es general esto; de ordinario el olivino se presenta en granos redondeados y angulosos, correspondiendo á los primeros un aspecto condríptico y revelándose en los segundos una facies clástica.

El ángulo de extinción en el cristal objeto de atención anterior es de  $0^\circ$ , inclinación que corresponde al borde de mayor longitud del cristal, paralelo al eje de zona  $pg_1$ , ó sea á la arista que forman las caras de la base y macropinacoides. En los cristales pequeños clásticos dicho ángulo de extinción es también de  $0^\circ$ , pudiendo asegurarse que, ó corresponden á la arista homóloga del cristal anterior, ó á la de la base con el braquipinacoides, cuyo eje de zona es  $ph_1$ .

Aunque bastarían estos datos, que la cristalografía nos ha enseñado para la determinación de la especie de que se trata, la luz polarizada allana el camino en el esclarecimiento de la substancia en cuestión.

Se presenta con el aspecto rugoso que ofrece habitualmente su superficie, es incolora y diáfana en las secciones que tienen contornos redondeados, los cuales, reunidos, forman muchas veces condros monosomáticos; hialinidad que se empaña cuando son angulosas de un tinte amarillento, claro ó rojizo, producto de la oxidación del hierro por ende las fisuras que desordenadamente le atraviesan y que corresponden á la reticularidad del mismo.

El policroismo es nulo y la polarización cromática vivísima,



datos que fielmente determinan en la sección micrográfica la especie de que tratamos.

Presenta el olivino inclusiones de diferentes formas y substancias, unas de vidrio ovoideas y amarillentas, otras pequeñísimas y pardas de cromita; con mayores aumentos se perciben poros gaseosos é inclusiones vítreas transparentes y alargadas con burbuja fija, y otras, finalmente, pardo-amarillentas.

En suma, el diagnóstico del mineral peridoto se basa en su forma, transparencia, rugosidad, peroxidación del hierro en las hendiduras á expensas del vapor acuoso condensado en la rotura del bólido (1) falta de crucero, nulo policroismo y viva polarización cromática. Suele confundirse esta especie mineralógica con otra vecina suya que recibe el nombre de *Fayalita* (silicato de hierro); pero el color pardo y el gran policroismo que ofrece esta última substancia la separan grandemente del olivino. Sin embargo, nada de particular tendría que se hallaran asociadas, puesto que siendo los óxidos de hierro y de magnesio bases isomorfas, pudiera el primero de dichos óxidos sustituir totalmente al segundo y dieran origen al silicato de hierro, tanto más esta hipótesis genérica cuanto que abunda considerablemente el hierro en los meteoritos.

Pero, ante todo, debo manifestar que en las secciones que he tenido el gusto de preparar para el estudio microográfico del meteorito, falta completamente la *Fayalita*.

(37-45) (27-57). *Enstatita* (silicato de magnesia con trazas de hierro).—Es un piroxeno del grupo de los ortorómbicos que se presenta en las preparaciones con su facies especial y característica.

No toma el desarrollo ni con mucho del olivino; pero el aspecto fibroso, cristales alargados y á veces en haces divergen-

(1) Para demostrar esta peroxidación en las grietas del olivino, recordaremos lo que se dijo al hablar de la *Schreibersita*; es decir, que había separado el peróxido de hierro que á expensas de la humedad se ha formado y como condensado en derredor de los granos laminares de *Schreibersita*, por medio de una simple y rápida calcinación en el borde de la llama de alcohol de una de las preparaciones micrográficas; y efectivamente, dicho peróxido ha dejado libres los granos de hierro, quedando los bordes de estos completamente limpios, y se ha corrido ahondando más si se quiere la oxidación por entre las grietas del olivino, tomando la sección micrográfica un aspecto rojizo.

tes que toman los condros de esta substancia, dan un sello especialísimo y *sui generis* á la especie mineralógica objeto de nuestro estudio.

Este alargamiento corresponde en todos ellos al eje de zona  $h, g_1$  dirección que siguen cuando existen las líneas de crucero, fáciles según el macropinacoide, y que como paralelo ó coincidiendo con el eje cristalográfico de mayor simetría le corresponden un ángulo de extinción =  $0^\circ$ ; como así sucede, en efecto, en todas las secciones que he observado, por su coincidencia con el eje de mayor elasticidad óptica ( lám. iv, fig. 13).

Es de un color amarillo claro y lustre perlado en los cristales sueltos y con tintes blancos y negros alternados en aquellos que presentan facies fibrosa ó fibroso radiante.

La falta de rugosidad y de policroismo y la debilidad en los colores polarizantes, son los signos decisivos que acreditan la existencia de esta especie y sus diferencias con el olivino.

Las inclusiones son de naturaleza vítrea y ordenadas según la dirección del eje de zona macro y braquipinacoidal, y entre los cristales cuando estos afectan la disposición fibroso radiante, poros gaseosos.

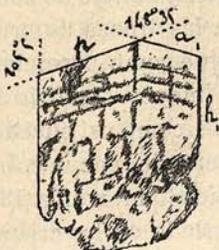
Suele confundirse esta especie con la *broncita*; pero he de advertir que en esta última substancia los cruceros son á veces ondulados, que su color es pardo negruzco en general por la mayor cantidad de hierro que contiene; es más bien laminar que bacilar, y finalmente que las secciones paralelas á la base tienen brillo metálico bronceado cuando su lustre se mira por reflexión; todo lo cual diferencia de una manera notable esta especie de la *enstatita*.

(45-56). *Augita* (silicato de alúmina, cal, magnesia y hierro). — Este piroxeno monosimétrico, juntamente con la *Schreibersita*, dan un realce y una fisonomía de individualidad al meteorito de Madrid, que, aun siendo del grupo de los llamados del tipo común, andaríamos mal para darle cabida exacta en las clasificaciones hoy adoptadas.

De dos secciones distintas se encuentran formas en la preparación objeto de mi estudio; unas paralelas al clinopinacoide y otras al ortopinacoide.

Las primeras son exágonas, algo alargadas, y sus lados corresponden á las proyecciones en el plano de la preparación del ortopinacoide, cara básica y ortodomo, formando los án-

gulos  $h_1 p = 105^\circ$  próximamente y  $p a_1 = 148^\circ 35'$ ; es zonar ó testáceo á luz polarizada paralelamente á las caras básicas y ortodómicas, y por la parte inferior pierde el carácter estratificado,



advirtiéndose los cruceros en ángulo recto que diferencian estos cristales de la hornblenda, además de otros muchísimos caracteres que sería prolijo enumerar (lám. 1, fig. 7).

Las segundas paralelas al ortopinacoide son exágonos más simétricos, manifestándose en sus bordes las intersecciones de las caras clinopinacoide y las dos hemipirámides ó hemioctaedros con su ángulo de  $120^\circ$ ; ángulo de apuntamiento interesante que separa estos cristales de los peridotos que miden  $81^\circ$ , cuando en aquellos faltan los cruceros.

En las primeras el ángulo de extinción con relación á la arista ortopinacoidal es de  $0^\circ$ , y en las segundas la arista clinopinacoidal revela unos  $39^\circ$ .

Secciones hay que perpendiculares al eje de zona  $h_1 g_1$  se extinguen según la bisectriz del ángulo agudo del protoprisma =  $87^\circ 5'$ .

El color es amarillo claro; débil ó mejor dicho nulo el policromismo, y vivísima la polarización cromática.

Aun cuando son frecuentes las maclas, es de sentir no haya cristal alguno en estas condiciones para determinar y medir el ángulo de extinción simétrico con relación á la línea de macla.

Con respecto á inclusiones diremos que las hay vítreas, de color pardo, alguna negra de hierro cromado y no pocas de poros gaseosos.

*Feldespato plagioclásico de oligoclasa* (silicato de alúmina y silicato de sosa y cal).—La fórmula según Dana es  $R Al_2 Si_3 O_{11}$ , correspondiendo al radical  $R = Na_2 (K_2) Ca$ .

No es elemento esencial: se encuentra en granos muy pequeños distribuidos confusamente en la mezcla de los anteriores y presentan los caracteres siguientes: son incoloros, transparentes, poco refringentes y colores de polarización alternados grises y azules por las maclas que forma dicho mineral.

(32-69). En uno de los bordes de la preparación se mani-

fiesta un buen cristal con los caracteres asignables á la oligoclasa (lám. III, figuras 11 y 12).

Sus láminas se presentan macladas según la ley de la albíta, con bastante desigualdad en la anchura de las secciones hemitropiadas, cuyo carácter y el ángulo de extinción con relación á la línea de macla 3° á 6° aseguran su clasificación.

Estas láminas tienen además el color blanco correspondiente á todos los feldespatos; y como inclusiones se encuentran algunas vítreas redondeadas y alargadas en dirección de los planos de macla, y no deja de percibirse también algún cristal de hierro cromado.

*Condros.*—Se refiere este nombre dado por Gustavo Rose á esas formas más ó menos redondeadas que experimentan no sólo los cristales, sino también sus mezclas, y distribuidos por la masa general del meteorito comunican á su estructura una facies especial y *sui generis* á la cual se ha dado en llamar *estructura condritica*.

No vayamos á creer que en todas las preparaciones micrográficas se encuentran; pues siendo la substancia en que se hallan encerrados desordenada y heterogénea, sucede que en unos puntos están en todo su esplendor, mientras que en otros faltan completamente; así se comprende que de las dos secciones preparadas para el estudio petrográfico falten ejemplos en la una, y, aunque reducidos en la otra, proporcionan, sin embargo, medios de lucubración para la determinación de la especie ó especies mineralógicas de que están constituidos.

A los condros se debe la estructura granuda que en general tienen todos los meteoritos oligosíderos, y también que á su débil adherencia con la masa general tienda la piedra á disgregarse ó desgranarse cuando se comprimen sus bordes fuertemente con los dedos; mucho más todavía si, al intentar hacer una placa delgada, no se tienen las precauciones necesarias al desgaste.

Dos grupos de condros se advierten en la piedra de Madrid, los unos *mates* con polarización y extinción cruzada y los demás *cristalinos*.

(25-55). Los primeros se notan en un borde de la preparación en bastante número con diseño redondeado y aspecto anubarrado.

En los segundos se pueden distinguir condros olivínicos y



posiblemente los habrá también enstatíticos y augíticos por la tendencia que se observa en estos cristales á las formas redondeadas.

Entre los olivínicos se encuentran de dos clases, oolíticos y clásticos.

(49-53). 1.º Condros monosomáticos oolíticos; esto es, constituidos por un solo individuo de olivino que resulta de la suma de pequeños glóbulos redondeados de la misma substancia y con extinción completa que acredita individualidad; han tomado forma elipsoidal merced á la materia manganesífera que los bordea y atraviesa la preparación (lám. iv, fig. 13).

(48-57). 2.º Condros monosomáticos clásticos; esto es, constituidos por elementos de olivino formados por agrupaciones de fragmentos de dicho mineral y á luz polarizada, se observa un núcleo de la misma substancia con una grieta que le rodea.

(25-55). No dejan de presentarse algunos condros olivínicos clásticos con núcleo de troilita, y por último (30-50) otros que pudiéramos llamar compuestos, cuyo resultado final es á luz polarizada un conjunto de condros que forman uno general (lám. iv, fig. 14).

No hago mención de los condros enstatíticos y augíticos porque, como he advertido anteriormente, se trata simplemente de cristales que conservan sus caracteres específicos, si bien se nota en ellos cierta tendencia en su periferia á tomar la forma redondeada.

*Micro-estructura.*—Si bajo el punto de vista macroscópico hicimos notar que la estructura del meteorito era granuda y fácilmente desmoronable, particularidad que correspondía de hecho á los condros que en la masa subsisten, la sección preparada para el estudio micrográfico señala en la piedra de Madrid una estructura condritico-clástico-cristalina con facies brechoidea.

Tiene además la masa general cierto tono porfirioideo, pues se destacan cristales perfectamente asignables á especies determinadas en el fondo de la substancia olivínica eminentemente clástica, destrozo que, al parecer, ha sufrido la materia por efecto de las grietas que por do quier caminan.

Nótase en los cristales de olivino, mejor que en otro alguno, los efectos de fragmentación posterior á su formación, cambiándose las posiciones de las secciones tan visiblemente, que

mientras unos fragmentos se extinguen, otros, por el contrario, destellan sus colores polarizantes.

Numerosas grietas rellenas de substancia manganesífera al parecer circulan por la preparación, meras derivaciones en grado mayor ó menor de la general y dicotoma que atraviesa la sección micrográfica que aun á simple vista se puede observar.

*Clasificación.*—En dos puntos de vista estimo que debemos fijar nuestra atención antes de llevar la roca meteórica á grupos establecidos por clasificaciones adoptadas.

En primer lugar, la consideración de la estructura que pudiera tener la roca antes de entrar en nuestra atmósfera, y en segundo la dislocación sufrida en ella, consecuencia lógica de su ruptura.

Bajo el primer aspecto, no soy quien pueda determinar la disposición de las especies mineralógicas en la masa general allende los espacios, por más que pueda suponer corresponda á la granudo-cristalina de los micro-granitos.

Ahora bien: considerada la masa en su segunda fase, puedo decir se trata de una brecha de dislocación con aspecto conglomeriforme en las dos secciones que he preparado para este estudio; mas conviene notar que toda conclusión será arbitraria si no tenemos presente la heterogeneidad del meteorito y la inseguridad en que estamos colocados para fijarle lugar en la clasificación.

Sin embargo, siguiendo cualquier camino y teniendo en cuenta la composición mineralógica y la estructura, base de toda clasificación, cabe colocar el meteorito de Madrid, siguiendo la clasificación de Meunier, en los grupos *Sporosideros*, *Oligosideros*: *rocas poligénicas* en razon á su estructura.

Ahora bien; en esta última sección Meunier establece cuatro grupos fundados en la estructura principalmente y con dos tipos litológicos cada uno que no corresponden á este meteorito.

Habría necesidad, en vista de esto, de establecer otro grupo con los tipos *timerickita* y *chantonnita*, y en este caso concederle al meteorito de Madrid como típico un nombre especial.

Colocado en este terreno, ¿sería conveniente seguir el procedimiento de Meunier?—¿Sí?—entonces ya sabéis qué nombre debemos dar.

Para terminar, sólo me resta enviar desde estas líneas un

cariñoso recuerdo al Excmo. Sr. Marqués del Socorro, actual Presidente de nuestra Sociedad y catedrático de Geología de la Universidad Central, quien con su bondad poco común é ilimitada, me ha brindado espontáneamente cuantas obras necesitara referentes al asunto, y manifestar mi agradecimiento al Sr. Iñiguez, catedrático de Astronomía y Secretario de nuestra Facultad, por intermedio del cual y con anuencia del anterior, me ha sido proporcionada la materia prima que para este estudio había recibido del Observatorio el Ilustrísimo Sr. D. Gonzalo Quintero, por creerme en condiciones infundada é inmerecidamente de darle los vuelos, realce y relieve que merece el humilde estudio cuya lectura habéis tenido la bondad de escuchar.

---

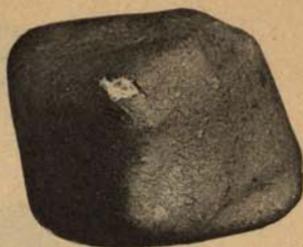




1



2



3



4



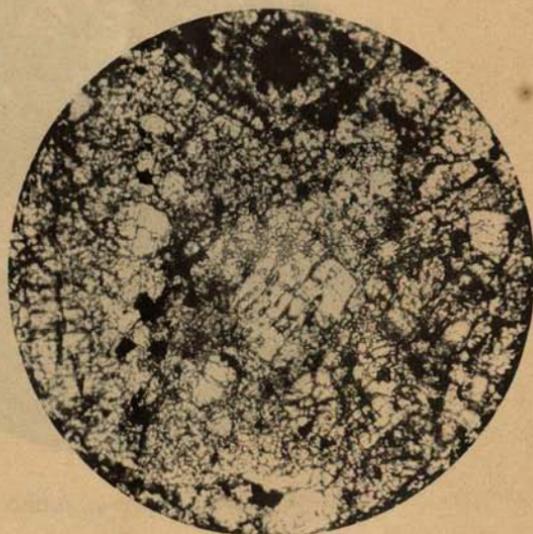
5



6



7



AUGITA

METEORITO DE MADRID



8



SCHREIBERSITA Y KAMACITA

9



CROMITA Y TROILITA

METEORITO DE MADRID

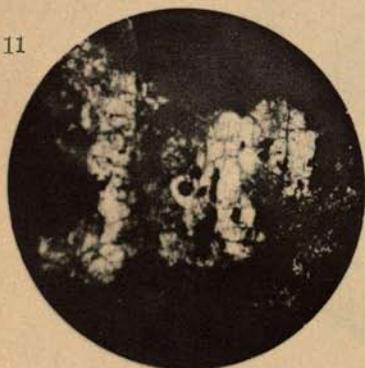


10



OLIVINO

11



OLIGOCLASA

12



OLIGOCLASA AUMENTADA

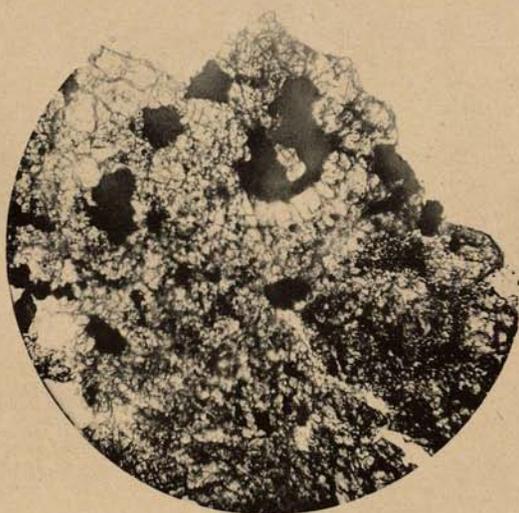
METEORITO DE MADRID





13

ENSTATITA



14

CONDRO OLIVINICO

METEORITO DE MADRID









1072208

