

EL METEORITO DE SALAVINA (Prov. de Santiago del Estero)

Por JUAN OLSACHER

En la madrugada del 22 de Junio de 1931, alrededor de las 4.30 horas, varios vecinos de Córdoba que estaban despiertos a esa hora habían presenciado una iluminación extraordinaria y repentina del espacio. Simultáneamente vieron hacia el norte un reguero de luz verdosa y deslumbradora que corría de Oeste a Este y que se fragmentó antes de llegar al horizonte en numerosos cuerpos luminosos. Algunos días después en el diario "Los Principios" de Córdoba, en su edición del 25 de dicho mes, aparecía la siguiente información: "Ojo de Agua (Santiago del Estero), 24 de Junio. — A horas 4.40 del día 22, se alumbró el cielo con una luz potente y al "extinguirse ésta se sintió un estrépito, semejante a una salva de "artillería, temblando la tierra por varios segundos en dirección "al norte. Dicho fenómeno, que se atribuye a la caída de algún "bólide o aerolito ha sido sentido en una extensión de varias leguas a la redonda por todos los habitantes de esta zona, con la "consiguiente sorpresa y alarma". A mediados de Julio llegaron a mi poder algunas muestras pequeñas del meteorito traídas por un vecino de Salavina (Santiago del Estero), quien, además, me dió datos concretos del lugar de la caída del mismo y en posesión de los cuales resolví hacer un viaje a esa región para recoger muestras del meteorito y noticias acerca de su caída. Desde la Estación Loreto (F. C. C. C., Prov. S. del Estero) y en compañía de los señores Alberto Gallo y Antonio D'Amatto, vecinos de esa localidad, hube de hacer un recorrido de treinta y cinco leguas por caminos casi intransitables, a causa de las lluvias recientes, hasta llegar a la pequeña población de Malotas (Depto. Salavina), la más próxima al lugar de la caída del meteorito y distante cinco leguas de la localidad que da nombre al departamento.

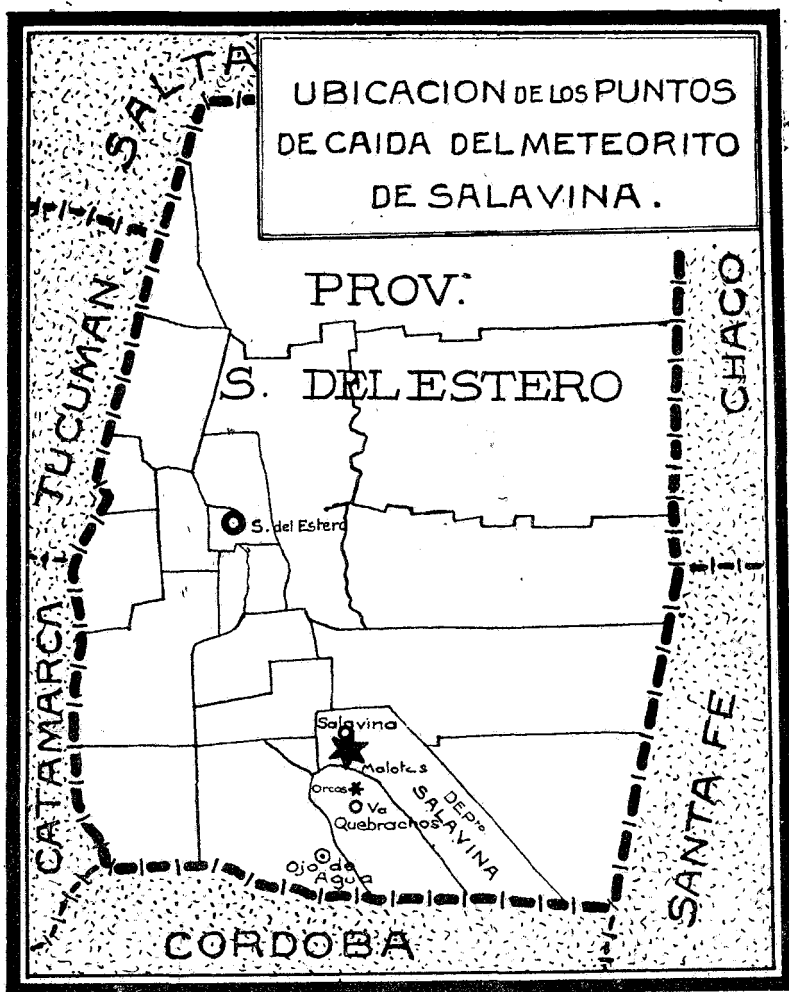


Fig. 1

Según referencias de numerosos testigos presenciales, vecinos de las inmediaciones de Malotas, el meteorito recorrería una trayectoria de sudoeste a noreste. Poco antes de caer a tierra se escucharon algunos estampidos ⁽¹⁾, sintiéndose a continuación de éstos un

(1) Este meteorito feldespático está constituido en su casi totalidad por anortita encontrándose escasos granos de olivino y troilita. No contando por ahora con suficiente bibliografía sobre los meteoritos feldespáticos he dejado su descripción para una publicación complementaria de ésta en la que se estudia solamente la condrita.

ruído semejante al que produce el motor de un avión. Un vecino cuya vivienda está situada dentro del campo de caída de los fragmentos del meteorito sintió cómo éstos, en estado incandescentes, caían en forma de una verdadera "lluvia de piedras". Como dicho campo de distribución atraviesa oblicuamente el Río Dulce, que cruza la región, muchos de los fragmentos cayeron en el agua y se vió, a consecuencia de ello, la producción de una gran nube de vapor. La caída del meteorito y todas las manifestaciones que la acompañaron aterrizaron grandemente a los pobladores de la zona quienes cuentan haber tenido la sensación de un "terremoto".

Este meteorito, que representa un caso de "lluvia de piedras" está constituido por fragmentos que responden a dos tipos distintos por su composición y estructura: condritico el uno, compuesto de olivino y piroxeno con mucho mineral metalífero; feldespático el otro, con escasa proporción de aquellos componentes y de estructura ofítica (1). Este hecho y la circunstancia de que no se haya encontrado hasta ahora ningún fragmento que participe de ambas composiciones induce a pensar de que los mismos pertenezcan a dos zonas o mantos del astro de procedencia de diferencias bien definidas y que por ello han de haber ocupado en éste lugares alejados entre sí. Esto habla en favor de la idea de que este meteorito ha sido ya antes de penetrar en la atmósfera terrestre no un bloque único despedazado durante su curso a través de ésta sino un conjunto de fragmentos. Contribuye a apoyar esta suposición el hecho de que en ellos — como se verá más adelante — hay superficies cuyos caracteres revelan que corresponden a fracturas producidas durante el pasaje de aquellos a través del aire, poco antes de caer, pues el espesor de la capa alterada por la elevada temperatura es muy reducida mientras que las superficies que envuelven a los fragmentos en casi toda su extensión, salvo las partes correspondientes a esas fracturas, presentan una capa calcinada de un espesor de medio milímetro, cuya formación ha requerido un contacto más prolongado con la atmósfera. Esto elimina la idea de que los fragmentos fueran el resultado de explosiones del meteorito y que corresponderían a las detonaciones que se escucharon poco antes de su caída en tierra (3).

(2) Las investigaciones modernas han demostrado que los estampidos que se escu-

Según los datos recogidos, el campo de distribución de esos fragmentos tiene una longitud de cinco kilómetros y un ancho de dos kilómetros y medio coincidiendo el eje mayor del mismo con el rumbo de la trayectoria del meteorito. De acuerdo a las mismas referencias, los trozos mayores están sobre la margen este del Río Dulce, de acuerdo al hecho general de que en los campos de distribución de estas "lluvias de piedras" los fragmentos más grandes se encuentran en la zona opuesta a la dirección de su trayectoria por ser los primeros en caer (3). La espesa selva que cubre la región donde ha caído el meteorito es un gran obstáculo para la búsqueda de sus fragmentos como asimismo para establecer su distribución según el tamaño, pero es posible calcular su número en algunos miles. Hemos obtenido noticias de que en Orcos, a diez kilómetros al norte de la Villa Quebrachos y a cincuenta al sur de Malotas, se recogió un pequeño fragmento y que debe pertenecer al mismo meteorito por haber caído simultáneamente con éste.

LA CONDRITA

Su peso específico es 3,87.

Los fragmentos en que se ha dividido tienen un tamaño muy variable, oscilando los cuerpos que he recogido entre una longitud máxima de doce centímetros y una mínima de un centímetro. La forma es también sumamente variable. Por lo general los fragmentos están completamente redondeados, con algunas superficies planas. Varios tienen una forma característica común, determinada por la circunstancia de estar limitados, por un lado por un triedro y por el otro por una superficie plana, de modo que tienen el aspecto de una pirámide de base triangular. (Fig. 4). Casi todos tienen concavidades suaves que hay que atribuir a la acción mecánica del aire.

chan al paso de un meteorito no están originados siempre por una explosión del mismo, cosa que rara vez acontece, sino que la causa reside en el hecho de que la velocidad de aquél es superior a la del sonido. La onda producida por el paso del meteorito en el aire y que es de curso divergente produce la expansión súbita de los gases en las explosiones.

- (3) La gran creciente del río me impidió llegar allí. Al regresar se me informó que en esa zona se había encontrado un fragmento que pesaba 16 kilogramos.



Fig. 2
Aspecto de uno de los fragmentos
de condrita. (Reducido a $\frac{2}{3}$)



Fig. 3
El mismo fragmento de la Fig. 2, vis-
to de arriba.

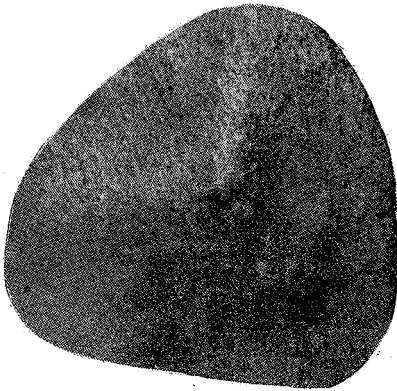


Fig. 4
Fragmento en forma de pirámide de
base triangular (tamaño natural)

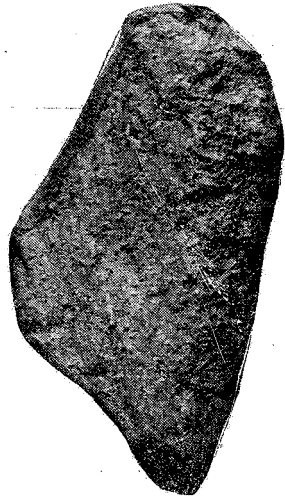


Fig. 5
Superficie de una fractura cu-
yos contornos están cubiertos
por un reborde de materia
vitrificada (tamaño natural)

Las superficies que limitan esos cuerpos pueden clasificarse en tres tipos de antigüedades decrecientes:

1° — Las más antiguas que son de color negro mate y están formadas por una capa de óxido magnético de hierro cuyo espesor no pasa del medio milímetro. Sobre esa superficie generalmente lisa se advierten claramente puntos de brillo metálico que en algunos casos tienen un diámetro hasta de cinco milímetros.

2° — Superficies provenientes de fracturas de los cuerpos cuando aun estaban en la atmósfera, poco antes de caer. Son brillantes a causa del vidrio formado y tienen estrías paralelas debidas seguramente a la fricción producida por el movimiento. En un caso, el contorno que limitaba la parte fracturada y la superficie más antigua presentaba un grueso reborde de materia vitrificada que cubría la primera (Fig. 5). La capa calcinada es en estas superficies de un espesor muy reducido revelando que han estado sometidas escaso tiempo a la acción del calor.

3° — Superficies de rupturas frescas sin capas de fusión. Son superficies ásperas, de un color gris verdoso-azulado en las que se distinguen puntos metálicos y pequeñas superficies circulares blanquecinas que corresponden a los condros. El origen de estas fracturas debe ser atribuído al choque de los fragmentos con el suelo.

LA COMPOSICION DE LA CONDRITA

Los minerales que componen la condrita pueden ser agrupados para su estudio en: **componentes metalíferos opacos (hierro, cohenita, perlita y troilita)** y **componentes transparentes (olivino y enstatita)**. Los minerales del primer grupo se presentan en las preparaciones como secciones muy irregulares en la forma y de tamaño muy variable, pues ocupan los intersticios que dejan entre sí los condros de los dos silicatos los que aparecen envueltos por aquellos componentes. (Fig. 6)

Un reconocimiento químico reveló la presencia del fósforo lo que hace pensar en la existencia de **schreibersita**, pero ésta no se pudo constatar microscópicamente.

Los componentes opacos.—

El examen de estos componentes se ha hecho mediante pre-

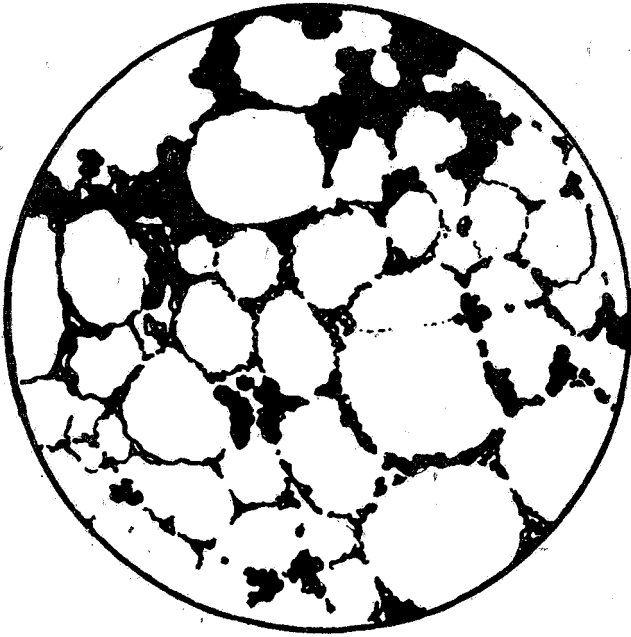


Fig. 6. — Aspecto que presenta una preparación pulida de la condrita, vista con 30 aumentos. Las superficies negras corresponden a los componentes metalíferos y las partes blancas a los condres de los silicatos.

paraciones pulidas utilizando los modernos métodos de investigación de los minerales opacos. Como tales se han encontrado: hierro, cohenita, la mezcla eutéctica de ambos (perlita) y troilita.

Los tres primeros, hierro, cohenita y su mezcla eutéctica, se presentan siempre conjuntamente en secciones de tamaño y forma variable teniendo la mayor observada un diámetro de cinco milímetros. El pulimiento de estos componentes ofrece algunas dificultades, pues es difícil, especialmente en las secciones grandes, hacer desaparecer las rayas producidas por esa operación. Se notan diferencias de relieve en las preparaciones que han sido sometidas a un largo pulimento y que se deben a la diversa dureza de los dos componentes hierro y cohenita. La troilita aparece casi siempre aislada, en secciones del mismo carácter que las de los mine-

rales anteriores, y raras veces se la observa incluida dentro de éstos.

El hierro (Fe). —

Su color en las preparaciones pulidas es de un blanco puro con levísimo tinte azulado, el que observado con mucha atención permite distinguirlo de la cohenita. El grado de reflexión es elevado. Bajo nicoles cruzados la anisotropía es absoluta. Su dureza es algo inferior a la de la cohenita, diferencia que se hace visible en las preparaciones demasiado pulidas. Frente a los reactivos químicos su comportamiento fue el siguiente:

El ácido clorhídrico, el ácido sulfúrico diluido, el sulfato de cobre, el ácido pícrico alcohólico y la solución de iodo en alcohol lo atacaron, permitiendo distinguirlo con toda claridad de la cohenita que es inatacable por esos reactivos, pero no se pudieron observar en él figuras de corrosión.

La cohenita (Fe^3C). (4)

La cohenita aparece mezclada con el hierro, en forma de agregados eutécticos o como individuos bien desarrollados incluidos en aquél. El color es blanco con una ligera tonalidad amarillenta. Bajo nicoles cruzados y observando cuidadosamente se advierten muy leves efectos de anisotropía. El único reactivo que la atacó algo fue el pierato de sodio.

Los individuos mayores de cohenita siempre se observan en la periferia de las secciones constituídas por el conjunto hierro-cohenita y separando a éste de los restantes componentes del meteorito.

La perlita. —

La sección mayor del conjunto hierro-cohenita que se ha observado en todas las preparaciones examinadas estaba constituido en su casi totalidad por la mezcla eutéctica de ambos componentes y que los metalógrafos denominan **perlita**. En ese caso y todos

(4) La cohenita corresponde a la cementita de los metalógrafos. La primera designación, hecha por Weinschenk en 1889, tiene prioridad sobre la segunda, hecha por H. M. Howe en 1890.

los restantes le perlita era típicamente granulosa, lo que revela que su formación se ha realizado con un descenso muy paulatino de la temperatura. Dentro de esa misma sección de perlita granulosa estaba incluido un campo de perlita lamelar separado de aquella por un filamento de cohenita (Fig. 7).

En la perlita granulosa los corpúsculos de cohenita son generalmente redondos pero se notan de vez en cuando corpúsculos de forma muy irregular.

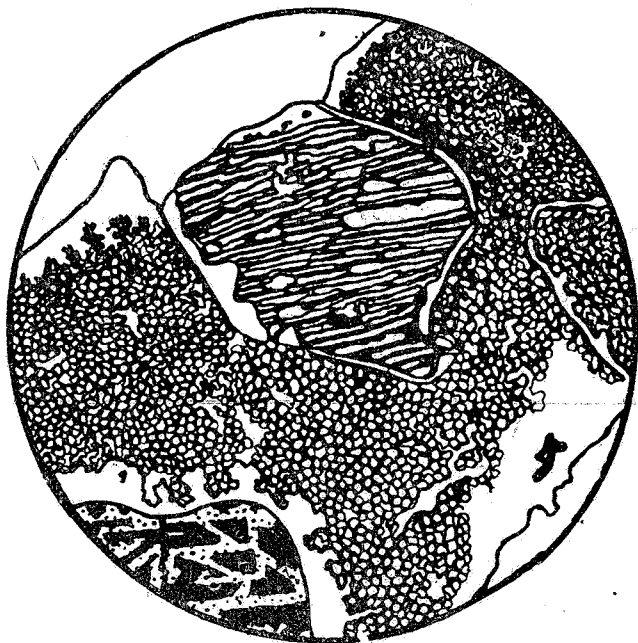


Fig. 7. — Negro, hierro; blanco, cohenita; punteado, troilita. Campo de perlita lamelar incluido en perlita granulosa. En el individuo de troilita pueden verse los huecos producidos por el clivaje. Aumento 50 diámetros.

La troilita (FeS). —

La troilita, que corresponde a la pirrotina de las rocas terrestres, se presenta en menor cantidad que el conjunto de los componentes anteriores y aparece en secciones sumamente irregulares y de dimensiones variables por ocupar al igual que aque-

llos los intersticios entre los condros. Suele observársela a menudo como inclusión dentro de los silicatos y de los restantes minerales metalíferos, estando, en este último caso, limitada por contornos redondeados. Con facilidad se obtienen superficies libres de rayas, en las que se nota muy claramente el clivaje según el pinacoide basal (0001) y según el romboedro (1010), menos frecuente este último, y cuya combinación determina la formación de espacios huecos triangulares que, en algunos casos, dan a las secciones de troilita el aspecto de una reja. (Fig. 7)

El color de la troilita es amarillo pardo claro que en las preparaciones algo viejas se vuelve más oscuro por oxidación. El brillo metálico es fuerte. Con inmersión en aceite el color se oscurece y el grado de reflexión se atenúa mucho. Bajo nicoles cruzados los efectos de anisotropía son sensibles, notándose una alternancia entre colores verdosos y rojizos, los que por la inmersión en aceite pasan a gris azulado y gris amarillento respectivamente.

Con los reactivos químicos, la troilita se comportó en la forma siguiente:

Con el ácido nítrico, pardeó debilmente; la soda y la potasa determinaron la formación de una película con colores de interferencia; los reactivos cianuro de potasio, ácido clorhídrico y cloruro ferroso dieron resultados negativos.

Los componentes transparentes. —

Los componentes transparentes están constituidos por olivino y enstatita que forman los diversos tipos de condros que se describirán más adelante.

El olivino. —

El olivino aparece según dos hábitos distintos. Unas veces se presenta en forma de cristales bien desarrollados que permiten identificar caras cristalográficas. Otras veces constituye una masa granulosa de individuos pequeños y de forma muy irregular. El clivaje se manifiesta nítido según el segundo pinacoide (010) e imperfecto según el tercer pinacoide (001).

El olivino es incoloro y carece de pleocroísmo, estando manchado en las partes vecinas al hierro por productos de la oxidación de éste. Es frecuente que contenga un pigmento vítreo oscuro que suele disponerse dentro de sus individuos en la forma que se aprecia en la Fig. 8. El índice de refracción no es alto difirien-

do poco del de la enstatita adjunta. Su birrefringencia, en cambio, es alta y permite una distinción cómoda del piroxeno. El plano de los ejes ópticos es paralelo al tercer pinacoide, la bisectriz γ , aguda y ópticamente positiva, sale sobre el primer pinacoide y la bisectriz α , obtusa y ópticamente positiva, sale sobre el segundo pinacoide. Una sección perpendicular a un eje óptico permitió constatar que el ángulo de los ejes ópticos es próximo a los 90° . Estas propiedades unidas a la falta de color y de pleocroísmo y al bajo índice de refracción, permiten clasificar a este olivino como una **forsterita**.

La enstatita. —

Este piroxeno es observado en cristales de tamaño mayor que los del olivino, pero incompletos, pues nunca tienen las caras terminales, y en agregados de fibras muy finas. El clivaje se manifiesta en varias direcciones, predominando los correspondientes al tercer pinacoide y al prisma.

El color es de un gris muy débil, un pleocroísmo no se alcanza a percibir. La refringencia es alta y la birrefringencia muy baja. Los colores de interferencia son grises, blanquecinos y amarillentos. El plano de los ejes ópticos es paralelo al primer pinacoide. La bisectriz obtusa sale sobre el segundo pinacoide y la aguda sobre el tercero. Su signo óptico tiene carácter positivo y el ángulo de sus ejes ópticos no alcanza a 80° . Todas estas propiedades coinciden con las de la **enstatita**.

LOS CONDROS

Los dos silicatos anteriormente descriptos se presentan principalmente formando las agrupaciones cristalinas conocidas con el nombre de **condros** y que son características de los meteoritos pétreos. El tamaño de éstos fluctúa entre 3 y 9 décimos de milímetro.

Los condros de este meteorito pueden ser agrupados en tipos según su composición y estructura, de acuerdo a la descripción que se hará a continuación.

Los condros de olivino. —

Se distinguen dos tipos: los constituídos por un solo cristal y los constituídos por varios cristales.

1. — Los condros de un solo individuo de olivino están formados de un cristal generalmente redondeado y turbio por la presencia de abundantes inclusiones vítreas. Estas inclusiones suelen distribuirse dentro del cristal paralelamente y con la regularidad que se puede apreciar en la Fig. 8.

Como subtipos dentro de este tipo podrían considerarse los condros que están rodeados de un manto delgado de olivino, constituido por cristales puros y límpidos (Fig. 9) y los que carecen de él estando separados de los componentes vecinos por una capa fina de materia vítrea. (Fig. 8)



Fig. 8. — Condro de 3 décimos de milímetro (diámetro máximo), de un solo individuo de olivino.

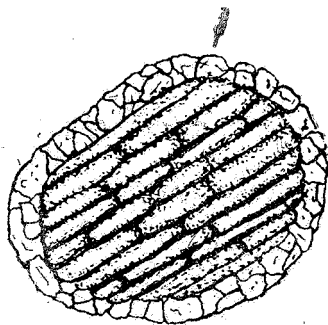


Fig. 9. — Condro de 5 décimos de milímetro constituido por un individuo de olivino rodeado de un manto de cristales pequeños del mismo silicato.

2. — Los condros constituídos por agrupaciones de varios individuos de olivino, entre los cuales suele verse incluido algún individuo de enstatita, se manifiestan según dos formas:

Agrupaciones que forman esferas y están constituídas por muchos granos pequeños y generalmente redondeados siendo pocos los que muestran caras cristalográficas nítidas. Esos granos están cementados por finas granulaciones vítreas de color gris sucio. Esta estructura está representada en la Fig. 10.

Agrupaciones de pocos cristales de olivino, bien desarrolla-

dos y limitados por contornos poliédricos bien marcados. Estos condros no suelen ser esféricos como los anteriores y su forma está determinada por los lados externos de los cristales periféricos que los constituyen (Fig. 11).

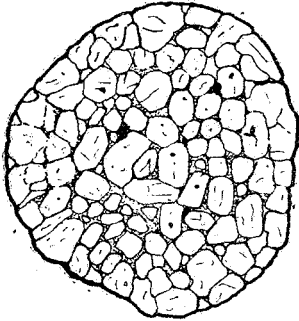


Fig. 10. — Condro de 5 décimos de milímetro formado por granos pequeños y redondeados de olivino

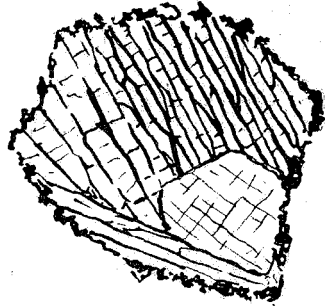


Fig. 11. — Condro de 5 décimos de milímetro, formado de varios cristales xenomorfos de olivino.

Los condros de enstatita. —

Se han constatado tres tipos bien diferenciados:

1. — Condros constituídos por agrupaciones de cristales de enstatita grandes, de tamaño mayor que los de olivino, e irregularmente limitados. Incluido en ellos suelen verse escasos individuos de olivino como asimismo finas inclusiones vítreas pero en menor cantidad que en éste. (Fig. 12)

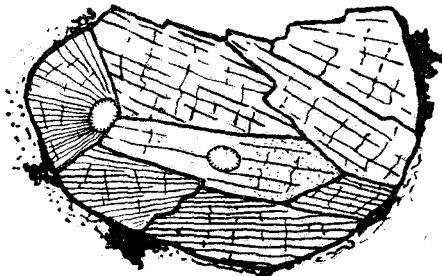


Fig. 12. — Condro de enstatita, de 5 décimos de milímetro

2. — Condros constituídos por enstatita fibrosa que forma

agregados esféricos. Son fibras muy finas, rectas y de disposición divergente, con el centro de divergencia próximo a la periferia. Vistos con nicoles cruzados se percibe la cruz de sombra que caracteriza a estas formaciones cristalinas. Estos condros fibrosos están manchados por un pigmento pardo de distribución muy irregular y contienen también abundantes granulaciones metálicas.

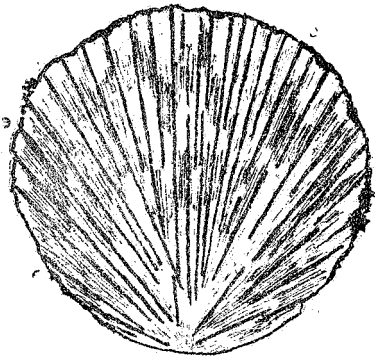


Fig. 13. — Condro de enstatita fibrosa (4 décimos de milímetro)

3. — Condros que representan una combinación de los dos tipos anteriores. Como puede verse en la Fig. el centro del condro está ocupado por un agregado de cristales de enstatita, grandes e irregularmente limitados, mientras que la periferia del condro está formada de enstatita radio-fibrosa de iguales características a la del caso anterior.

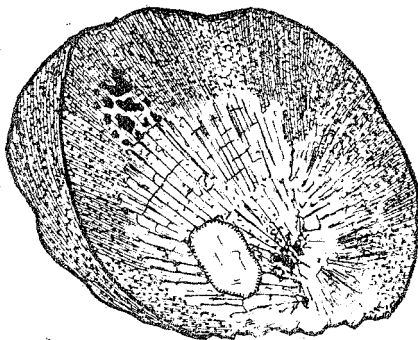


Fig. 14. — Condro de enstatita en cristales grandes con la periferia de enstatita fibrosa

Cumplo con un deber de gratitud en expresar mi reconocimiento a los señores Dr. Alfredo Fraguero, Pedro Gallo (h) y Luis F. Roca, en Córdoba y a los señores Pedro Gallo, Alberto Gallo y Antonio D'Amatto en Est. Loreto (Prov. Santiago del Estero) por la generosa ayuda dispensada y que me ha permitido realizar el presente estudio.

RESUMEN

1°. — Al noreste de la localidad de Malotas (Dpto. Salavina, Prov. Santiago del Estero), sobre ambas márgenes del Río Dulce, cayó el 22 de Junio de 1931, a las 4.30 horas, un meteorito en forma de "lluvia de piedras", cuyos fragmentos ocupaban un campo de distribución de cinco kilómetros de largo por un ancho de dos y medio. La trayectoria del meteorito tenía un rumbo de sud-oeste a noreste que coincide con el eje máximo de dicho campo de distribución. El número de fragmentos debe ascender a algunos miles. En Oreos, a cincuenta kilómetros al sur de aquel lugar se recogió también un fragmento.

2°. — Los fragmentos de este meteorito corresponden a dos tipos distintos por su composición y estructura: condritico y feldespático. Hasta ahora no se ha encontrado ningún fragmento que participe de ambos tipos y es probable que ellos provengan de zonas o mantos distintos del astro de procedencia y que han de haber ocupado dentro de éste lugares alejados entre sí. Ello habla en favor de la idea de que el meteorito haya sido fragmentado ya antes de penetrar en la atmósfera terrestre.

Los fragmentos están limitados por superficies que corresponden a tres antigüedades distintas:

- a) superficies sin capas de fusión que son las más nuevas y han sido producidas seguramente por el choque de los cuerpos con el suelo.

- b) superficies con una capa de fusión de espesor muy reducido, correspondientes a fracturas producidas durante el pasaje de los cuerpos a través de la atmósfera, poco antes de su caída en tierra.
- c) superficies con una capa calcinada de un espesor de medio milímetro, las más antiguas, y que envuelven a los cuerpos en casi toda la extensión de su superficie.

Estas últimas han exigido para su formación un contacto más prolongado con nuestra atmósfera y es muy poco probable de que sean posteriores a supuestas "explosiones" del meteorito que corresponderían a las detonaciones escuchadas poco antes de su caída en tierra y que habrían determinado su división. Esto también habla en favor de la hipótesis de una fragmentación del meteorito anterior a su entrada en la atmósfera terrestre.

3°. — La condrita está compuesta de:

- a) minerales metalíferos: hierro, cohenita, la mezcla eutéctica de ambos (perlita) y troilita.
 - b) silicatos: olivino (forsterita) y enstatita.
- Su peso específico es 3.87.

4°. — Se han reconocido los siguientes tipos de condros:

A. — Condros de olivino.

- 1. Condros constituidos por un solo cristal.
 - a) rodeados de un manto de cristales pequeños y lípidos de olivino.
 - b) no rodeados de ese manto.
- 2. Condros constituidos por la asociación de varios cristales.
 - a) de granos pequeños, generalmente redondeados.
 - b) de cristales bien desarrollados limitados a veces por caras cristalográficas nítidas.

B. — Condros de enstatita.

- 1. Condros constituidos por cristales bien desarrollados.
- 2. Condros de enstatita fibrosa.

3. Condros con cristales bien desarrollados en el centro y enstatita fibrosa en la periferia.

5°. — El meteorito feldespático, que será objeto de una publicación complementaria de ésta, está constituido por anortita especialmente y y olivino y troilita en menor proporción. Su textura es ofítica.