

## EL METEORITO CONDRITICO CHAJARI

(ENTRE RIOS, REPUBLICA ARGENTINA)

POR MARIO E. TERUGGI Y LORENZO O. GIACOMELLI

## ABSTRACT

The Chajari meteorite, fallen in the neighbourhood of the locality of Chajari, Entre Ríos Province, Argentina, on the 29th of November, 1933, but only recently recovered for science, is described. After a short review of meteorites found in Entre Ríos, the history of the finding is given and the general features of the meteorite are described.

The chemical analysis is as follows :

Total composition		Silicate phase
Fe.....	8.81	
Ni.....	1.20	
S.....	0.13	
SiO <sub>2</sub> .....	38.41	42.68
TiO <sub>2</sub> .....	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	4.13	4.59
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	3.97	4.41
FeO.....	13.41	14.90
MgO.....	26.18	29.09
CaO.....	2.61	2.90
Na <sub>2</sub> O.....	n. d.	n. d.
K <sub>2</sub> O.....	n. d.	n. d.
NiO.....	0.13	0.15
Total.....	98.98	98.72

Mineralogically, as determined by norm calculation and X-ray diffraction, the Chajari stone is made up of about 43% olivine (Fo 81), 30% orthopyroxene (En 83), 11% plagioclase, 10% metal, 0.3% troilite and some 4% hematite derived from weathering.

The structural and textural characteristics of chondrules, matrix and metal are described and some considerations are made concerning their origin.

The meteorite, which has a present weight of 16 kilograms, 700 grams, is a monomictic, somewhat brecciated olivine-broncite chondrite. It has been found to fit the L<sub>5</sub> group of the recent classification proposed by Van Schlus and Wood.

#### INTRODUCCION

En el catálogo de meteoritos pertenecientes al territorio argentino (Giacomelli, 1968), sólo figuran seis hallados en la provincia de Entre Ríos. Ellos son, en orden cronológico de hallazgo: *Nogoyá*, *Isthilart*, *Gualeguaychú*, *Chajari*, *Hinojal* y *Distrito Quebracho*. Todos ellos son del tipo pétreo, y, más específicamente, condritas.

Es interesante recordar que el meteorito carbonoso Nogoyá, caído el 30 de junio de 1879, fue descrito y brevemente estudiado por Websky (1882), Daubrée (1883), Friedheim (1888) y Meunier (1897). En 1914, Herrero Ducloux, compenetrado de su importancia como único ejemplar de meteorito carbonoso hallado en el país, lo reestudia detenidamente. En su revisión química de los meteoritos, Wiik (1956) lo incluye en el subgrupo (Tipo II) de su clasificación (condrita carbonosa, Cc).

Estos cuerpos, de los cuales se conocen sólo unos veinticinco en el mundo (Mason, 1963), tienen actualmente gran interés en relación con el posible origen biogénico de sus hidrocarburos, como lo demuestra, entre otros, el trabajo de Nagy *et al.* (1961) sobre el carbonoso de Orgueil.

De los otros meteoritos entrerrianos, el Isthilart y el Gualeguaychú fueron descritos por Herrero Ducloux (1930 y 1940, respectivamente) y ambos son del tipo condritas olivínicas broncíticas (Cb). El Hinojal, que es una condrita olivínica hipersténica, (Ch) — comunicación epistolar del Dr. Brian Mason, de fechas 23 de setiembre de 1963 y 26 de febrero de 1965 —, no fue visto caer y fue hallado, al parecer, entre 1927 y 1934 en Hinojal, Victoria, según comunicación epistolar a uno de los autores (L.O.G.) del señor Crisanto Ovejero, que fue Director de la Escuela Normal de esa localidad y corresponsal *ad honorem* del Ministerio de Agricultura. El señor Ovejero envió a la Dirección de Minas muestras del meteorito, que le habían sido entregadas por su descubridor, Reynaldo Weimer. Por otra información, del meteorólogo Profesor Raúl Borruat, de Paraná, Entre Ríos, sabemos que la pieza fue hallada mientras se araba un campo

en las proximidades de la localidad de Hinojal; el meteorito fue posteriormente destrozado y sus fragmentos desaparecieron, por lo cual no ha sido posible obtener muestras de él. El peso del Hinojal ha sido estimado en 50 kilogramos. En lo que se refiere al meteorito *Distrito Quebracho*, que es una condrita olivínica bronceítica (Cb), fue descrito por Gordillo en 1959.

Como dato curioso, propio de esta época de abundante "chatarra espacial", cabe mencionar que el 21 de agosto de 1957 cayó un supuesto cuerpo meteórico en la ciudad de Paraná, Entre Ríos; sin embargo, Borruat y Olsacher (1958) demostraron que era un fragmento de artefacto humano.

El meteorito Chajarí, motivo del presente estudio, fue redescubierto por uno de los autores (L.O.G.), quien además en este trabajo ha tenido a su cargo la breve síntesis de los meteoritos entrerrianos, la historia de su hallazgo y la descripción de las características megascópicas. La investigación del meteorito estuvo a cargo del otro autor (M.E.T.).

#### HISTORIA DEL HALLAZGO

En las vitrinas de exhibición del Instituto Nacional de Geología y Minería, figura un trocito de meteorito pétreo, en cuyo marbete se registra que fue "remitido por Juan S. Pescara, Chajarí, Entre Ríos". En el citado Museo no se posee ninguna otra información sobre la muestra.

Intrigado por ella, uno de los autores (L.O.G.) encargó a don Florentino E. Ocampo, persona de su amistad y hombre conocedor de la región, que tratara de localizar al remitente de la muestra y, de tener éxito, se pusiera en comunicación con él. Las gestiones de Ocampo, tras muchas averiguaciones y recorridas, dieron resultado, por lo que se logró entrar en contacto con el descubridor del meteorito y obtener todos los detalles del hallazgo.

Según el señor Juan Santos Pescara (no Pescara como figura en el marbete del Museo del Instituto Nacional de Geología y Minería), la piedra cayó el día 29 de noviembre de 1933, entre las 13 y las 15 horas, en un campo de propiedad de Manuel Breitas, ubicado cerca de la ciudad de Chajarí, del Departamento de Federación, Entre Ríos. Narra Pescara — que en esos años era colono en dicho campo y conserva

muy buena memoria del suceso— que en el momento de la caída él estaba reposando, en su siesta, y que sintió un ruido como de trueno, seguido de inmediato por una especie de repique en el suelo, similar al que produce un objeto pesado que cae. Percara no dio mayor importancia al suceso, pero algunos vecinos suyos vieron pasar el objeto y trataron de encontrarlo infructuosamente. Según las referencias de Percara, el tiempo era bueno, con cielo claro y soplaban un fuerte viento del norte.

Días después, en una recorrida por el campo, Percara vio cerca de su casa un hoyo que le llamó la atención porque el pasto alto que lo circueña estaba amarillo y seco. Metió el brazo y, al no tocar el fondo, se proveyó de una pala y, luego de excavar, logró extraer la piedra, que estaba enterrada cerca de un metro y medio de profundidad. Según la orientación de la boca del hoyo, el meteorito debió traer un rumbo de sur a norte. En las inmediaciones del sitio del hallazgo no se encontraron otros fragmentos.

El peso original del cuerpo era de 18 kilogramos. Percara envió una muestra de aproximadamente 100 gramos a la Dirección General de Minas —entonces dependiente del Ministerio de Agricultura—, solicitando la determinación de la misma; además, distribuyó algunos pequeños trozos entre familiares y amigos. Para satisfacer la curiosidad de los vecinos, expuso la pieza durante algunos días en un comercio de Chajarí, de donde pronto la retiró para evitar deterioros. Desde ese entonces, el meteorito estuvo en su poder, hasta que, a requerimiento de uno de los autores (L.O.G.) y consciente de su valor científico, lo donó generosamente.

El meteorito fue denominado Chajarí por el nombre de esa ciudad del nordeste entrerriano que corresponde a la región del hallazgo. Las coordenadas geográficas son: Lat.  $30^{\circ} 47' S$ ; Long.  $58^{\circ} 03' W$  de Greenwich. La primera noticia sobre la existencia del meteorito fue publicada en 1961 por uno de los autores (L.O.G.), quien como miembro representante de la Commission on Meteorites del International Geological Congress (actualmente International Union of Geological Sciences) envió la información para que apareciera en el Boletín Meteorítico que edita el Dr. E. L. Krinov, entonces Presidente de dicha Comisión.

#### CARACTERÍSTICAS MEGASCÓPICAS

Aunque de forma irregular, el meteorito Chajarí en vista lateral presenta un contorno algo semejante al de un cono truncado (figura 1), que se entrangula ligeramente hacia el ápice; desde otro lado, su aspecto se asemeja más bien al de un cilindro, o a un prisma de caras curvas. La base es de contorno entre redondeado a irregular,



Fig. 1. — Vista lateral del meteorito Chajarí

algo poliédrica. La parte superior o ápice está truncada, posiblemente como resultado de fracturación transversal. Sin que se lo pueda afirmar, es posible que se trate de un meteorito de los llamados "orientados" (Mason, 1962).

Las dimensiones, en sus partes más salientes, son: 20 cm, por 20 cm por 15 cm. El peso actual (diciembre de 1967) es de 16 quilogramos, 700 gramos. El peso específico (aparente) es de 3.10.

Las tres cuartas partes del meteorito tienen todavía la superficie original, que puede apreciarse claramente en la figura 2. Presenta una capa de fusión, color negro mate, de un poco más de medio milímetro de espesor. La superficie original, sin ser realmente lisa pues presenta cierta aspereza o rugosidad, está en general desprovista de marcas de vuelo, tales como piezogliptos, estrías o cavidades. No obstante, se notan en algunas superficies depresiones muy suaves. La

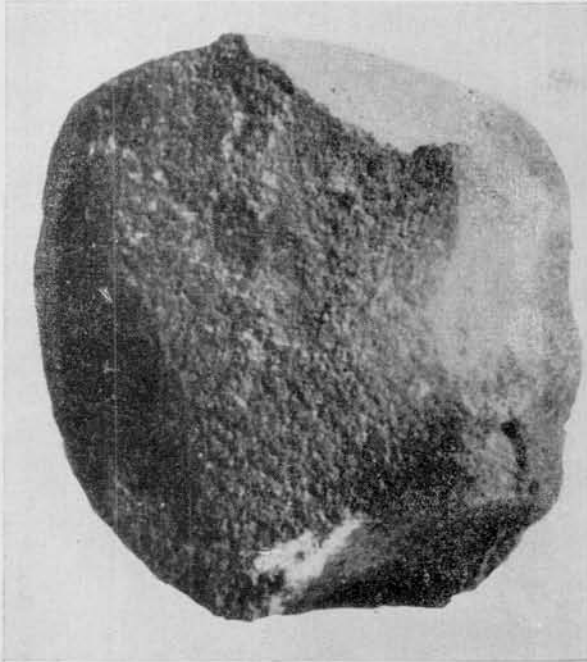


Fig. 2. — Aspecto de la superficie del Chajarí, con la costra de fusión

carencia parcial de costra de fusión puede haber sido producida por ablación meteórica, pero también parece razonable suponer que puede haber sido desgastada o perdida por golpes, frotos o choques producidos por medios humanos posteriormente a su caída.

El Chajarí es un meteorito compacto, sin grietas superficiales visibles. Debajo de la capa de fusión su color es castaño rojizo, color que se extiende también por las superficies de fracturación artificial hechas para arrancar esquirlas, lo que demuestra que ha sufrido una fuerte oxidación por acción meteórica desde el momento en que cayó.

En las fracturas frescas, en cambio, el color es gris castaño, producido por un moteado de partículas castañas en una base grisácea que, en parte, tiene aspecto metálico.

COMPOSICION QUIMICA

El análisis químico, efectuado por el Dr. Aníbal Figini, dio los siguientes resultados:

Composición total		Composición de la fase silicatada (analizada separadamente)	
Fe .....	8.81	SiO <sub>2</sub> .....	42.68
Ni.....	1.20	TiO <sub>2</sub> .....	0.00
S.....	0.13	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	4.59
SiO <sub>2</sub> .....	38.41	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	4.41
TiO <sub>2</sub> .....	0.00	FeO.....	14.90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	4.13	MgO.....	29.09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	3.97	CaO.....	2.90
FeO.....	13.41	Na <sub>2</sub> O.....	n. d.
MgO.....	26.18	K <sub>2</sub> O.....	n. d.
CaO.....	2.61	NiO.....	0.13
Na <sub>2</sub> O.....	n. d.	Total.....	98.72
K <sub>2</sub> O.....	n. d.		
NiO.....	0.13		
Total.....	98.98		

En base a estos resultados, que están bien encuadrados dentro de los límites de composición de los meteoritos pétreos (Brown y Patterson, 1947), se puede establecer que el Chajarí corresponde al *tipo L* (bajo en hierro total) de los dos grupos reconocidos por Urey y Craig (1953).

Desde otro punto de vista, los datos químicos muestran una buena concordancia general con las llamadas "reglas de Prior" (1920), en especial en relación con la proporción Fe/Ni. Con todo, a pesar de que los datos ópticos sobre la mineralogía indican que el Chajarí es una condrita olivínica broncítica (Cb), si se llevan al diagrama de Mason (1962) los porcentajes de hierro metálico y de hierro oxidado, nuestro meteorito cae dentro del campo de las condritas olivínicas hipersténicas. Esta aparente anomalía podría deberse a que el Chajarí fuese un tipo transicional, que se encontrara en el hiato entre condritas broncíticas y condritas hipersténicas que distinguiera Ringwood (1961); los porcentajes de Fe metálico, FeO, SiO<sub>2</sub> y otros más

apuntan en ese sentido. Con todo, la evidente meteorización de las muestras estudiadas puede haber modificado sensiblemente las proporciones de hierro metálico y hierro oxidado. Si bien cualquiera de las dos alternativas es posible, la abundancia de óxido férrico es una clara señal de la importancia que ha tenido la oxidación meteórica en la composición química total de nuestro meteorito.

#### COMPOSICION MINERALOGICA

La norma del Chajarí, calculada con los datos del análisis químico global sobre la base de la composición de olivina y piroxeno determinada por medios ópticos y de rayos X, es la siguiente:

Metal .....	9.83
Troilita.....	0.39
Anortita.....	11.32
Olivina.....	43.58
Piroxeno.....	29.47
Hematita.....	4.03
Total.....	98.62

La norma de la fase silicatada solamente es como sigue:

Anortita.....	12.51
Olivina.....	47.84
Piroxeno.....	32.52
Hematita.....	4.41
Total.....	97.28

Estas últimas cifras guardan buena concordancia con la estimación de abundancia, efectuada mediante difracción con rayos X, de la fase silicatada, cuyos resultados fueron:

Olivina.....	50 %
Piroxeno.....	37 %
Plagioclasa.....	8 %

La plagioclasa, como es muy común en condritas de este tipo, no es observable por vía óptica, ni en forma cristalina ni como maskelynita. En consecuencia, los únicos minerales transparentes observables al microscopio son olivinas y piroxenos.



La olivina fue determinada por vía óptica y por rayos X. El valor de  $\gamma$  es de 1.710 y el ángulo de los ejes ópticos es  $2V_x = 87^\circ$ . Según las curvas determinativas más usuales (Kennedy, 1947; Henriques, 1957) se trata de crisolito de composición  $Fo_{81} Fa_{19}$ . La determinación por rayos X, según los datos de Yoder y Sahama (1957) son muy coincidentes, pues se trataría de una composición  $Fo_{80.6} Fa_{19.4}$ .

El piroxeno es de tipo rómbico, con  $\gamma = 1.687$  y  $2V_x = 80^\circ$ , que de acuerdo con las curvas de Hess (1952) y de Kuno (1954) corresponderían a una broncita de composición  $En_{53} Fs_{17}$ . La determinación del piroxeno por rayos X, según el método de Zwaan (1954), basado en la distancia relativa de los espaciados de las reflexiones (1031) y (060), dieron resultados un tanto discrepantes, pues indican una broncita de composición  $En_{76} Fs_{24}$ . Como en estos resultados no se han tomado en cuenta la acción de elementos vicariantes, especialmente el aluminio y el calcio, merecen menos confianza que los datos ópticos. En todas las determinaciones mediante difracción de rayos X se contó con el valioso asesoramiento del Dr. Mario Iníguez Rodríguez.

La hematita, que deriva de la meteorización del metal, se halla diseminada por todo el meteorito, como material difuso entre los condros y los cristales de la matriz. En cuanto a la troilita, es perfectamente visible a luz reflejada bajo la forma de granos redondeados que están incluidos en el metal.

#### DESCRIPCION PETROGRAFICA

Estudiado en cortes delgados, el meteorito Chajarí presenta características similares a las de la mayoría de las condritas típicas (Mason, 1962), e incluso es muy parecido a otros aerolitos argentinos, como por ejemplo Raco (Teruggi, 1963).

Los componentes estructurales que se pueden reconocer son: condros, cristales aislados, matriz y materia opaca (metal). Sin embargo, en la práctica no es siempre posible efectuar la distinción, especialmente en lo que se refiere a la matriz y los cristales aislados, como tampoco no siempre se puede determinar si una porción de la primera es o no un trozo de condro. Por ello, aunaremos en la descripción a los cristales aislados y a la matriz en una sola entidad.

## CONDROS

Aunque son los componentes más abundantes, es difícil establecer su proporción exacta a causa de las dificultades señaladas más arriba con respecto a la matriz (véase descripción de ésta). Una estimación muy grosera indicaría que los condros constituyen un tercio, o poco más, del total del meteorito.

El tamaño de los condros varía entre 0,25 mm como mínimo y 1,5 mm como máximo; sin embargo, la mayor parte tienen dimensiones entre 0,60 y 1,0 mm.

En base a composición y estructura, los siguientes tipos de condros son los que se encuentran en el meteorito Chajarí:

- a) Condros de cristales de olivina en base semiopaca.
- b) Condros de cristales de olivina.
- c) Condros de un cristal único de olivina.
- d) Condros de olivina granular.
- e) Condros de estructura radiada.
- f) Condros de cristales de olivina y piroxeno.
- g) Condros de cristales de piroxeno.

La descripción que sigue permitirá al lector formarse una idea de sus características esenciales.

### *a) Condros de cristales de olivina en base semiopaca*

No son muy comunes. Por lo general, tienen dimensiones relativamente grandes, de alrededor de 1 mm o más. Su forma es esférica, pero no muy perfecta, y suelen estar bien separados de la matriz, a veces con un reborde de material opaco que los moldea parcialmente. Con todo, vistos con mayor aumento, el límite entre condro y matriz no siempre es fácil de distinguir.

Están constituidos por cristales cuedrales o subedrales de olivina, dispuestos sin orientación en una base semiopaca de color gris castaño. Observadas con el condensador, se comprueba que las porciones semiopacas son birrefringentes y aparentemente también de olivina. Es posible que la opacidad se deba a un origen vítreo anterior, que ha sido en parte obliterado por cristalización.

Algunos de estos condros, por disminución del porcentaje de material semiopaco, son transicionales hacia el tipo *d)* (Cf. fig. 5).

*b) Condros de cristales prismáticos de olivina*

Es un tipo sumamente raro, del cual se vieron muy pocos casos. Se trata de condros no muy bien redondeados, de alrededor de 1 mm de diámetro. Internamente, están formados por prismas de olivina que se disponen sin orientación o, en algunos casos, con apenas marcada tendencia al subparalelismo.

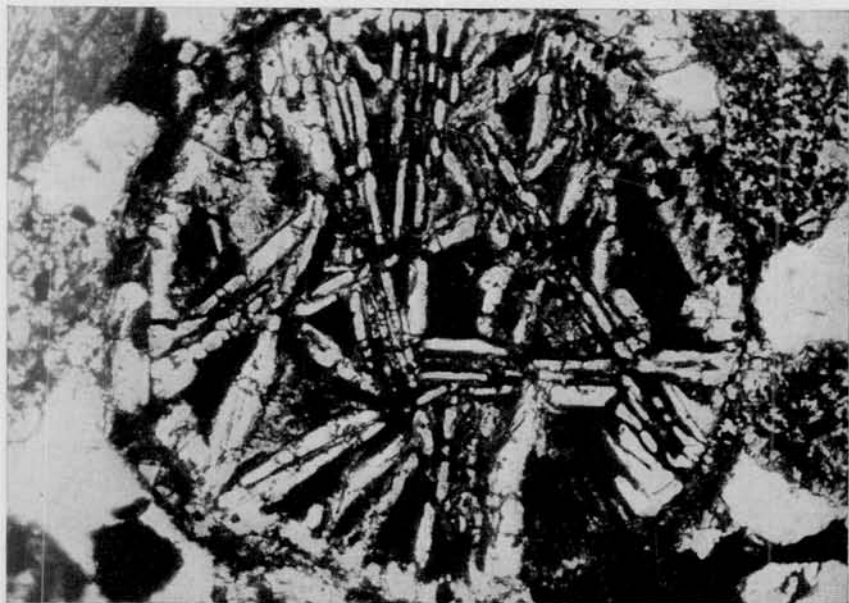


Fig. 3. — Condro de cristales prismáticos de olivina, con materia opaca y semiopaca intersticial y un reborde de olivina granular. Luz paralela;  $\times 120$

Un caso especial muy interesante, pues es transicional, por un lado hacia el tipo *a)*, y por el otro al *c)*, es aquel en que el interior está constituido de prismas de olivina, dispuestos sin orientación en una base semiopaca poco abundante de olivina. Muchos de los individuos prismáticos de olivina, cuando sus extremos tocan la periferia del condro, se ensanchan o se amartillan para formar, por la unión de las "cabezas", un ribete de olivina límpida que es como una cáscara que envuelve al condro (fig. 3).

c) *Condros de cristal único de olivina*

Representan un porcentaje reducido en el total de condros. Poseen forma esférica casi perfecta y sus dimensiones son relativamente pequeñas (entre 0,30 y 0,60 mm).

Se presentan con diversas variantes:

1) Un cristal de olivina, perfectamente redondeado u algo ovoidal, que está cruzada por listas o barras paralelas de material semiopaco

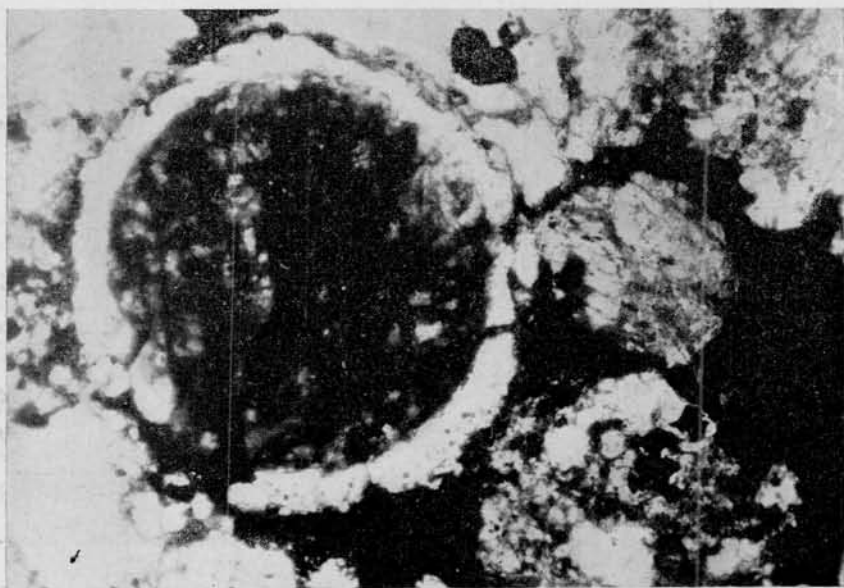


Fig. 4. — Condro de cristal único de olivina, con el interior semiopaco. A la derecha, dos condros menores de olivina y piroxeno. Luz paralela;  $\times 150$

marrón que es también olivínico, pero puede representar vidrio cristalizado. En la extinción, el condro se comporta como un único individuo cristalino, pero las "listas" semiopacas extinguen con una diferencia angular de unos 5 grados con respecto a las porciones limpiadas. No es raro que estos condros estén parcialmente ribeteados de material metálico (Cf. fig. 6).

2) Un cristal de olivina semiopaca, color castaño sucio, con algunas líneas tenues y zonas difusas de material opaco, que está rodeado de una "corona" de olivina límpida (fig. 4). Tanto el interior como la "cáscara" extinguen simultáneamente.

3) Un cristal de olivina límpida y redondeada perfectamente, que tiene una corona de granos de piroxeno. Este caso difiere del tipo *f*) porque los piroxenos están limitados a la envoltura del condro y faltan por completo en el interior.

*d) Condros de olivina granular*

Son muy comunes y se asemejan al tipo *a*), del cual se los ha separado porque el material semiopaco es muy escaso o falta por completo.

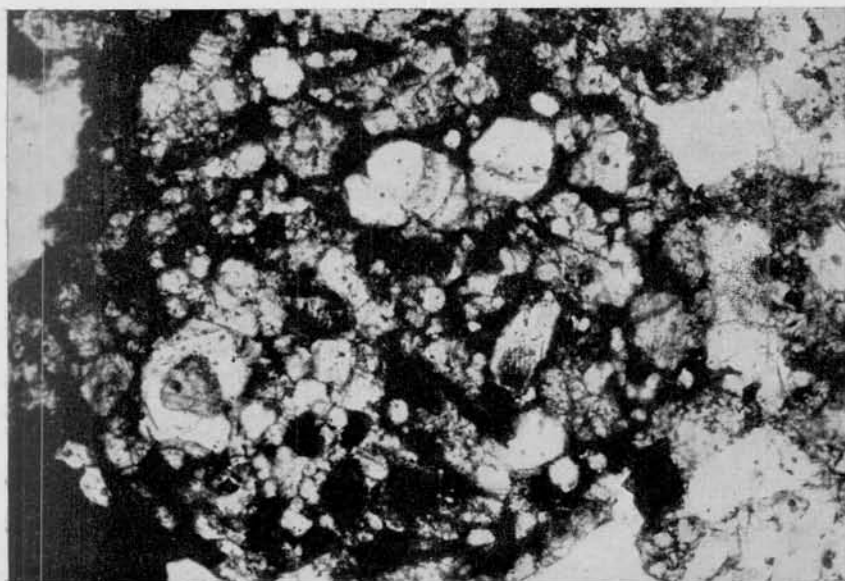


Fig. 5. — Condro de olivina granular, con fenocristales y escaso material semiopaco intersticial. Luz paralela ;  $\times 120$

Se han reconocido dos variedades dentro de este tipo:

1) Condros relativamente grandes (entre 0,60 y 1,0 mm), generalmente subredondeados y poco separados de la matriz salvo cuando presentan rebordes parciales de material opaco, que están formados por cristales eudrales o subeudrales de olivina, que se destacan en un mosaico granuloso anedral de olivina, a la manera de fenocristales en una pasta de grano más fino (fig. 5).

2) Condros chicos (alrededor de 0.35 mm) o a veces muy grandes (1.5 mm), de forma esférica imperfecta, que están formados por un mosaico de granos anedrales de olivina sin que se observe material intersticial. Los más pequeños suelen estar formados por un mosaico de grano muy fino, que a menudo es semitransparente, tal vez por la presencia de vidrio desvitrificado.

*e) Condros de estructura radiada.*

Poco abundantes, se reconocen por su tamaño generalmente reducido (alrededor de 0.40 mm) y su forma esférica casi perfecta. Están constituidos por fibras que nacen en abanico de un punto que está situado en el borde mismo del condro. Esta estructura, que es muy común (Mason, 1962), origina con nicoles cruzados una barra negra que barre al condro con el giro de la platina. Vistas con mayor aumento y mediante la ayuda de la lámina de tinte sensible, se comprueba que las fibras presentan orientaciones ópticas ligeramente diferentes.

Los límites de estos condros son bien netos, y a menudo están parcialmente reforzados por minerales opacos.

En cuanto a su naturaleza mineralógica, su determinación por vía óptica no es fácil. Aparentemente corresponden en su mayoría a olivina a juzgar por los colores de interferencia, pero no se descarta la posibilidad de que los haya también de ortopiroxenos.

*f) Condros de cristales de olivina y piroxeno*

Poco abundantes, estos condros son relativamente grandes (alrededor de 1.5 mm). Por lo general subesféricos, de bordes un tanto irregulares, están formados de un conjunto de prismas entremezclados de olivina y piroxeno. En general, la olivina predomina sobre el piroxeno.

*g) Condros de cristales de piroxeno*

Aunque lo normal es que estos condros tengan dimensiones discretas (alrededor de 0.60 mm), lo hay también chicos (de unos 0.30 milímetros de diámetro). Su forma no es perfectamente esférica y los tipos más frecuentes son los ovoidales o los ligeramente poliédricos.

Están constituidos por cristales prismáticos de ortopiroxeno, más bien cortos, que aparecen dispuestos en distintas orientaciones, con algunos tangenciales a los bordes de los condros. La olivina falta típicamente.

Una variedad algo más común que la anterior es la de los condros formados por ortopiroxeno listado, con las listas dispuestas en forma paralela a la longitud mayor del cuerpo (fig. 6).

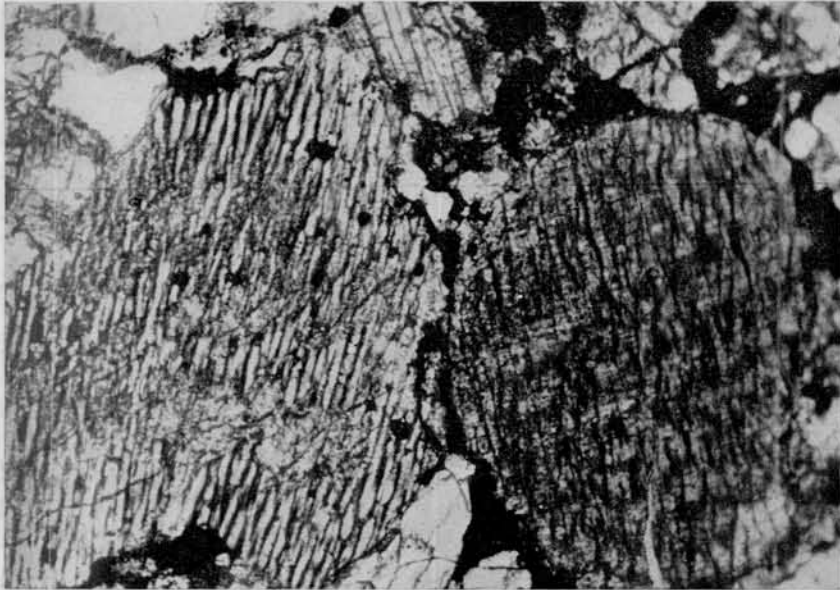


Fig. 6. — Dos condros listados. El de la izquierda, más grande, es de olivina; el de la derecha, más chico, es de ortopiroxeno. Luz paralela;  $\times 1000$

#### MATRIZ

Los condros están dispersos en una masa cristalina transparente, no organizada texturalmente, que es la matriz. Está constituida por cristales de tamaño variable que forman un mosaico irregular y que no muestra señales evidentes de brechamiento. Entre los cristales de la matriz se halla diseminada hematita, que colorea y oscurece partes de ella.

Los elementos que constituyen la matriz son los siguientes:

1) Cristales de olivina, desde subedrales a anedrales, cuyo tamaño varía entre 0.15 y 0.30 mm.

2) Cristales de olivina con rebordes de primas de ortopiroxeno. Sus dimensiones varían entre 0.60 y 0.70 mm.

3) Cristales de olivina listada, o fragmentos de ellos. De dimensiones variables, los mayores pueden alcanzar hasta 0.86 mm.

4) Fragmentos de forma irregular de mosaico de olivina, con "fenocristales" de igual naturaleza.

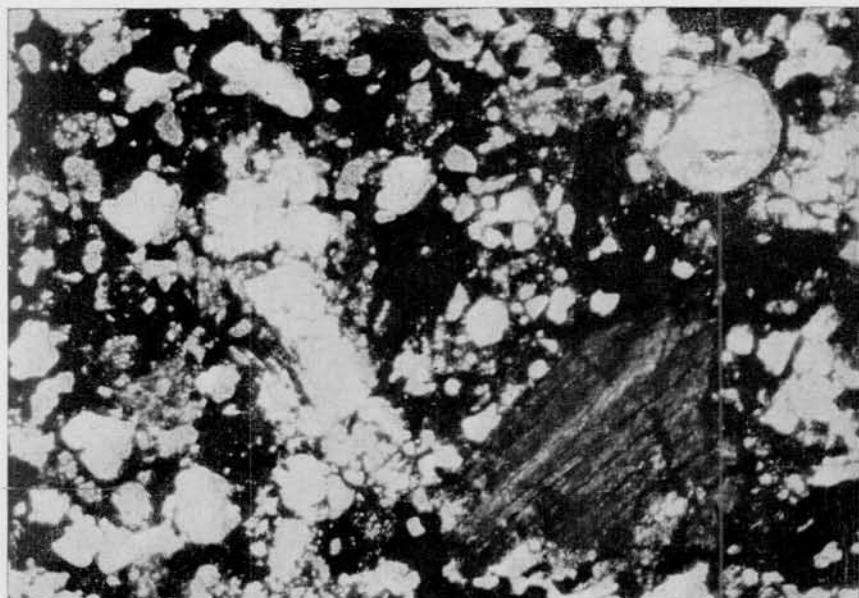


Fig. 7. — Aspecto general de la matriz. Se observa un fragmento de condro listado; arriba a la derecha, un condro redondeado de olivina. La base es de olivina granular y cristalina, con materia opaca y semiopaca intersticial. Luz paralela;  $\times 130$ .

5) Cristales grandes (por lo común entre 0.5 y 1.5 mm) de ortopiroxenos, que típicamente están listados.

6) Fragmentos de forma irregular y tamaños variables de ortopiroxenos listados.

7) Cristales o fragmentos de ortopiroxenos no listados.

Resulta evidente, por la lista que antecede, que la matriz está formada de los mismos minerales que constituyen los condros. Pero, además, parece que los condros mismos aparecen en su composición, ya sea como fragmentos, o como cuerpos que han perdido su forma esférica característica o no la han adquirido nunca, ya sea como con-



droso monocristalinos también carentes de forma esférica. Efectivamente, en la lista anterior, parecen ser de naturaleza evidentemente condritica los elementos 2, 3, 4, 5 y 6, en tanto que los clasificados como 1 y 7 son más inciertos.

#### MATERIA OPACA

La fase metálica, que corresponde a hierro-níquel, se presenta en varias formas. La más común es la de masas irregulares, relativamente grandes (hasta 2 mm) que engloban poiquilíticamente cristales y condros de olivina y ortopiroxeno. Otras veces, en lugar de ser "esponjosas", las placas de metal sólo engloban parcialmente a los prismas de olivina y piroxeno.

Otra manera muy común de presentarse la fase metálica es bajo la forma de plaquetas irregulares, sin minerales transparentes en su interior, pero con los bordes sinuosos e irregulares como resultado de haberse moldeado sobre los cristales transparentes.

Por último, el metal aparece también en escamillas diseminadas entre los cristales de la matriz y como inclusiones en los condros de olivina.

#### CLASIFICACION DEL METEORITO CHAJARI

Ya se ha mencionado que, desde el punto de vista químico, el Chajarí es una condrita que cae en el grupo *L* del sistema de Urey y Craig (1953). En base a criterios mineralógicos, nuestro meteorito es una condrita olivínica broncítica (Mason, 1962), que se designan habitualmente con la sigla *Cb*. Como puede apreciarse, existe aquí un aparente contrasentido, pues según Mason (1962 b) las condritas tipo *L* son todas hipersténicas.

En base a esta discrepancia, se aplicó para la clasificación el sistema propuesto recientemente por Van Schmus y Wood (1967), que tiene la ventaja de ser más refinado ya que aplica simultáneamente parámetros químicos y petrográficos. Según el criterio de esos autores, el Chajarí correspondería a su grupo *L5*. La ubicación en el grupo químico *L* no es del todo definida, pues de acuerdo con ciertos parámetros corresponde efectivamente a los meteoritos *L*, pero en base a otros se lo ubicaría en un campo intermedio entre el de los *L* y el de los *H*. Más simple, en cambio, es su ubicación en el grupo

petrográfico 5, fácilmente reconocible por la carencia de clinopiroxenos y de plagioclasas bien desarrolladas. Además, el estado de clarificación de la matriz y la naturaleza de los límites de los condros con ella, no dejan lugar a dudas.

En base a esto, el meteorito Chajarí es una condrita olivínica broncítica que se ubica en el grupo químico *L*, pero con afinidades con respecto al grupo *H*.

Otra característica del Chajarí es la de pertenecer a lo que actualmente se denominan meteoritos equilibrados. En efecto, en diversos preparados no se observaron variaciones notables en las características ópticas de olivina y piroxenos.

Por último, según Wahl (1952) sería una condrita poco brechosa, monomítica.

#### CONCLUSIONES

La composición química, la constitución mineralógica y los caracteres estructurales del meteorito Chajarí coinciden en líneas generales con los de la mayoría de las condritas, y por ello constituyen una prueba más en favor de la homogeneidad natural de este tipo de aerolitos, que ya fuera señalada por diversos autores (Mueller, 1967).

En el Chajarí, como en otras condritas, existe una gran variedad de tipos de condros (Kurat, 1967; Van Schmus, 1967), muchos de los cuales son muy comunes y difundidos, tales como los radiados, los listados, los porfiricos, etc. La fase metálica está generalmente fuera de los condros, a los que con frecuencia envuelve o rodea; no obstante, se hallan porciones metálicas en el interior de algunos condros. En el primer caso, la textura "poiquilítica" denotaría que el metal habría cristalizado posteriormente a los condros; en el segundo, se tendría la relación inversa.

Sobre la base del conjunto de sus caracteres estructurales, se puede inferir que el Chajarí ha sufrido un cierto grado de recrystalización metamórfica, sin que haya estado sometido, sin embargo, a temperaturas extremas. Por un lado, la uniformidad de la composición de olivinas y ortopiroxenos y la ausencia de clinopiroxenos son indicios de que nuestro meteorito ha alcanzado un grado relativamente avanzado de equilibrio, con la consiguiente recrystalización térmica que ha "aclarado" la matriz y ha determinado, además, que ella comience a unirse a los condros. Igualmente apoya esta interpretación

de su historia térmica el hecho de que las plagioclasas sean exclusivamente microcristalinas. Por el otro lado, en cambio, los criterios texturales, tal cual han sido desarrollados y evaluados por Dodd, Van Schmus y Koffman (1967) indican una "integración" que se encuentra entre los grados que esos autores califican de *moderada a extensa*. En otras palabras, el meteorito Chajarí parece ser también transicional en lo que se refiere a sus propiedades texturales y mineralógicas.

En lo que se refiere al origen de las condritas, sobre el que se han forjado numerosas teorías e hipótesis, entendemos que el meteorito Chajarí no es de los más indicados para encarar la cuestión, pues ha sufrido un grado apreciable de recristalización térmica que ha obliterado en buena parte las características del material primitivo. Es posible, como sostiene Kurat (1967), que los condros sean de origen magmático, habiéndose formado a partir de un líquido que se ha sobreenfriado rápidamente. Con todo, cualquiera sea la génesis de los condros, se tiene la impresión, en el caso del Chajarí, de que al menos parte de éstos han sido fragmentados luego de su formación y que sus fragmentos pasaron a integrar la matriz, sobre la que actuaron posteriormente los procesos metamórficos.

#### BIBLIOGRAFIA

- BORRUAT, R. Y OLSACHER, J. 1958. *El meteorito artificial de Los Corrales (Paraná, Provincia de Entre Ríos)*, en Comunicaciones Museo Min. Geol., Fac. Cienc. Exact. Fis. Nat. (Univ. Nac. Córdoba), n° 35, pág. 1-8.
- BROWN, H. AND PATTERSON, C. 1947. *The composition of meteoritic matter: I*, en J. Geol., vol. 55, pág. 405-411.
- DAUBRÉE, G. 1883. *Météorite charbonneuse tombée le 30 juin 1880 dans la République Argentine, non loin de Nogoyá (provincia de Entre Ríos)*, en Compt. rend. Acad. Sci., n° 96, 1764-1766.
- DODD, R. T., VAN SCHMUS, W. R. AND KOFFMAN, D. M. 1967. *A survey of the unquillibrated ordinary chondrites*, en Geoch. Cosmoch. Acta, Vol. 31, n° 6, pp. 921-951.
- FRIEDHEIM, C. 1888. *Über die chemische Zusammensetzung der meteoriten von Alfanello und Concepcion*, en Sitzber. Akad. Wiss. Berlin, Math-naturw. Kl., vol. 12, pp. 363-367.
- GIACOMELLI, L. O. 1961. *Meteorites not included in the Prior-Hey Catalogue of meteorites, 1953, List N° 8, Argentina*, en Meteoritical Bulletin, N° 21, p. 3.
- 1968. *Guía de meteoritos de la Argentina* (en prensa).
- GORDILLO, C. E. 1959. *El meteorito del Distrito Quebracho (Entre Ríos)*, en Museo Entre Ríos. Dirección Prensa, N° 1; Paraná.
- HENRIQUES, A. 1958. *The influence of cations on the optical properties of orthopyroxenes*, en Arkiv. Min. Geol., vol. 22, p. 385.

- HERREÑO-DUCLOUX, E. 1914. *Nota sobre el meteorito carbonoso de Nogoyá*, en *Anal. Mus. Nac. Hist. Nat. Buenos Aires*, vol. 26, pág. 99-116.
- 1930. *El meteorito de Isthilart (Provincia de Entre Ríos)*, en *Rev. Fac. Cienc. Quím. La Plata*, vol. 6, parte 2, pág. 13-26.
- 1940. *Nota sobre el meteorito de Gualaguaychú (Provincia de Entre Ríos)*, en *Anal. Mus. Argentino Hist. Nat. Buenos Aires*, vol. 40, pág. 123-127.
- HESS, H. H. 1952. *Orthopyroxenes of the Bushveld type*, en *Am. Jour. Sci.*, Bowen vol. 250, pp. 173-188.
- KENNEDY, G. C. 1947. *Charts for correlation of optical properties with chemical composition of some common rock-forming minerals*, en *Am. Mineralogist*, vol. 32, pp. 567.
- KUNO, H. 1954. *Study of orthopyroxenes from volcanic rocks*, en *Amer. Min.* vol. 39, p. 30.
- KURAT, G. 1967. *Zur Entstehung der Chondren*, en *Geoch. Cosmoch. Acta*, vol. 31, N° 4, pp. 491-502.
- MASON, B. 1962. *The classification of chondritic meteorites*, en *Am. Mus. Novitates*, — 1962 b. *Meteorites*. John Wiley & Sons. New York.
- MEUNIERS, S. 1897. *Revision des pierres météoriques de la collection du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris*, en *ib.*, pp. 106-107.
- MUELLER, R. F. AND OLSEN, E. J. 1967. *The olivine, pyroxenes and metal content of chondritic meteorites as consequence of Prior's rule*, en *Min. Mag.*, vol. 36, pp. 311-318.
- NAGY, B., MEINSCHEN, W. G. AND HENNESY, D. J. 1961. *Mass spectroscopic analysis of the Orgueil meteorite*, en *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, vol. 93, pp. 25-35.
- PRIOR, G. T. 1920. *The classification of meteorites*, en *Nin. Mag.*, vol. 19, pp. 51-63.
- RINGWOOD, A. E. 1961. *Chemical and genetic relationships among meteorites*, en *Geoch. Cosmoch. Acta*, vol. 24, pp. 159-197.
- TERUGGI, M. E. 1963. *El meteorito Raco*, en *Acta Geol. Lilloana*, tomo IV, pág. 53-63.
- UREY, H. C. AND CRAIG, H. 1953. *The composition of stone meteorites and the origin of meteorites*, en *Geoch. Cosmoch. Acta*, vol. 4, pp. 36-82.
- VAN SCHMUS, W. R. 1967. *Polymictic structure of the Mezö-Madaras chondrite*, en *Geoch. Cosmoch. Acta*, vol. 31, pp. 2027-2042.
- VAN SCHMUS, W. R. AND WOOD, J. A. 1967. *A chemical-petrologic classification for the chondritic meteorites*, en *Geoch. Cosmoch. Acta*, vol. 31, pp. 747-765.
- WAHL, W., 1952. *The brecciated stony meteorites and meteorites containing foreign fragments*, en *Geoch. Cosmoch. Acta*, vol. 2; pág. 91-117.
- WEBSKY, C. M. F. 1882. *Über einem von Hrn. Burmeister der Akademie übersandten Meteoriten*, en *Sitzber. Akad. Wiss. Berlin, phys-math. Kl.*, vol. 1, pp. 395-396.
- WILK, H. B. 1956. *The chemical composition of some stony meteorites*, en *Geoch. Cosmoch. Acta*, vol. 9, pp. 279-289.
- YODER, H. S. AND SAHAMA, T. G. 1957. *Olivine X-ray determination curve*, en *Amer. Min.*, vol. 42, pp. 475-491.
- ZWAAN, P. C. 1954. *On the determination of pyroxenes by X-ray powder diagrams*, en *Leidse Geol. Meded.*, vol. XIX, pp. 167-276.