

PETROGRAFIA Y CLASIFICACION DE LA METEORITA ACAPULCO

Gerardo Sánchez-Rubio¹
Ma. Guadalupe Villaseñor-Cabral¹
Alberto Obregón-Pérez² y
José Solorio-Munguía¹

RESUMEN

La meteorita Acapulco fue vista caer y colectada poco después por el Sr. Leodegario Cárdenas, en un pequeño rancho llamado La Chivería (99°53' W y 16°54' N), ubicado 3.8 km al suroeste de El Quemado, cerca de Acapulco, Guerrero.

La meteorita recobrada (una pieza solamente) era de forma cúbica con una ligera elongación, y 13 cm de dimensión máxima; un rayado verdoso claro y paralelo aparece sobre dos de sus caras, contra un fondo negro que es la corteza vítrea que envuelve a la roca. Su densidad es de 3.616.

Tiene la constitución de una roca masiva con granos de metal, troilita y cromita inmersos en una masa de silicatos; éstos son piroxenas (42.61%), olivino (31.78%) y plagioclasa (12.91%) y la textura es granoblástica.

La piroxena predominante es enstatita, de composición aproximada Fe_{20} ; la otra piroxena es diopsida de cromo. El olivino es de composición forsterítica, a juzgar por el ángulo entre sus ejes ópticos, y la plagioclasa es oligoclasa. Sus tamaños máximos varían entre 0.4 y 0.5 mm para la plagioclasa y el olivino, respectivamente, hasta 1 y 2 mm para las piroxenas.

La fracción opaca está constituida por hierro-níquel (4.74%), troilita (6.44%) y cromita (1.52%). Estos minerales aparecen en granos de forma irregular distribuidos al azar; los de hierro-níquel alcanzan tamaños de hasta 2.5 mm de largo.

Considerando el desarrollo cristalino de la plagioclasa y las piroxenas, la ausencia de vidrio y de matriz, la presencia de relictos cristalinos esféricos y subsféricos y la abundancia de la ortopiroxena, la meteorita Acapulco puede clasificarse como una condrita recristalizada del tipo 6. Más aún, esta condrita sería del grupo H (condrita de bronzita), de acuerdo a la composición de las piroxenas y los porcentajes de olivino y Fe-Ni. Las determinaciones preliminares de FeO y MgO en la roca favorecen dicha clasificación.

Tanto su densidad, como el porcentaje de Fe-Ni y su textura, permiten descartar a la meteorita Acapulco como una acondrita o una litosiderita (*stony-iron*).

ABSTRACT

The Acapulco meteorite (formerly El Quemado) was seen falling and collected by Mr. Leodegario Cárdenas. The stone fell in a place called La Chivería (99°53' W and 16°54' N) in the morning of August 11, 1976.

It was slightly elongated, with round edges and with a black glassy crust covering it; there were light greenish streaks on two of its faces. Its specific gravity is 3.616.

The stone is massive with metal and sulphide grains embedded in a granoblastic mosaic of light brown silicates. These are pyroxenes (42.61%, volume), olivine (31.78%) and plagioclase (12.91%).

Enstatite (Fe_{20}) predominates over diopside (He_{10}), which is the green, chrome-rich variety. The high optic axial angle of olivine suggests a composition rich in forsterite, and the plagioclase is oligoclase. The largest crystals measured range between one and two millimetres (ortho and clinopyroxenes, respectively).

The opaque fraction is metallic iron-nickel (4.74%), troilite (6.44%) and chromite (1.52%). These are all randomly distributed as grains of irregular shape and size, up to 2.5 mm the iron-nickel ones.

On account of the large grain size of plagioclase and pyroxenes, the absence of glass, and groundmass, the presence of round mineral relics, the abundance of orthorhombic pyroxene, and the lack of matrix, the rock is here classified as a type 6 chondrite. Composition of the pyroxenes and modal amount of olivine and iron-nickel suggest that the Acapulco meteorite is a bronzite chondrite; a preliminary determination of FeO and MgO shows values consistent with the proposed classification.

A stony-iron or achondritic classification of the Acapulco meteorite is disfavoured by its specific gravity, amount of iron-nickel and texture.

INTRODUCCION

La meteorita Acapulco, originalmente denominada meteorita El Quemado, fue colectada por el Sr. Leodegario Cárdenas, quien la vio caer el 11 de agosto de 1976. El evento ocurrió en La Chivería

(99°53' W, 16°54' N)*, un pequeño rancho situado 3.8 km al suroeste de El Quemado; esta población tiene unos mil habitantes y se encuentra sobre la carretera México-Acapulco, a sólo 13 km del famoso puerto (Figura 1).

Originalmente la meteorita consistía de un solo fragmento de forma cúbica algo alargada, con ca-

1.—Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México 20, D. F.

2.—Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México 20, D. F.

* Las coordenadas que aparecen en The Meteoritical Bulletin (Sánchez-Rubio, 1978b, p. 327) son incorrectas.

ras planas y aristas bien marcadas, aunque algo redondeadas (Figura 2). La dimensión máxima medida fue de 13 cm, su peso de 1,914 gramos y su densidad promedio (dos determinaciones) de 3.616. Su constitución interna se revela a simple vista como la de una roca compuesta esencialmente por silicatos; en su exterior muestra una delgada corteza negra de 0.25 mm de espesor, y en dos de sus caras muestra un rallado paralelo de color verde claro (Figura 2).

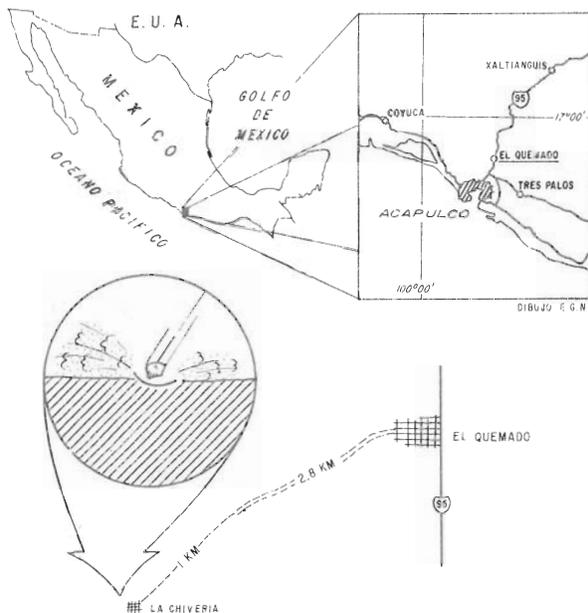


Figura 1.—Lugar del impacto.



Figura 2.—Fragmento recuperado. La señal indica lo que parece haber sido el frente del proyectil durante el impacto y su trayectoria en la atmósfera; el rayado en la superficie parece confirmar esta interpretación.

Este artículo da cuenta de los frutos del trabajo coordinado de los autores, cuya participación fue como sigue: Villaseñor-Cabral y Solorio-Munguía se hicieron cargo de las determinaciones con rayos X, tanto en roca total como en concentrados de minerales específicos; Obregón-Pérez tuvo a su cargo el análisis químico y Sánchez-Rubio llevó a cabo la petrografía y clasificación.

Varias secciones delgadas y una sección pulida fueron hechas para estudios al microscopio. Su composición mineralógica se determinó inicialmente por métodos ópticos y se verificó por medio de rayos X. Pruebas microquímicas, así como el uso de ciertos parámetros físicos (raya, dureza, hábito cristalino, etc.), fueron también de ayuda para comprobar la identidad de los opacos troilita y cromita. La densidad de la roca se determinó con un picnómetro de boca ancha y a temperatura ambiente. El cálculo de la moda, o porcentaje de los minerales, se llevó a cabo mediante un contador automático de puntos. La sección pulida fue atacada con "nital" (mezcla de ácido nítrico y alcohol) con el fin de revelar la estructura interna de los granos de fierro-níquel, lo cual dio resultados positivos. La composición de las piroxenas fue determinada a partir de los índices de refracción, que se establecieron por el método de inmersión; los índices de los líquidos usados fueron medidos con el refractómetro Abbé a temperatura ambiente y utilizando luz blanca.

Conviene mencionar que la presencia de fragmentos metálicos dispersos en la roca hizo difícil la elaboración de las secciones delgadas, que tendían a disgregarse antes de alcanzar el espesor máximo requerido. Por otro lado, el análisis químico de esta roca enfrentó, a su vez, el problema de la presencia simultánea de fierro metálico, fierro combinado con azufre y fierro ferroso en los silicatos; este problema ha sido abordado por Mason (1962, p. 223).

Detalles sobre la caída y hallazgo de la meteorita Acapulco fueron publicados inicialmente por Sánchez-Rubio (1978a y 1978b). Christophe Michel-Lévy y Lorin (1978) presentaron, por su parte, resultados de investigaciones sobre esta misma meteorita consistentes esencialmente de análisis mineralógicos con microsonda electrónica (según se infiere), y especulan sobre su clasificación.

En forma coordinada, otros investigadores se encuentran trabajando actualmente sobre aspectos diversos de la meteorita Acapulco. El Dr. Roy S. Clarke Jr., de la Smithsonian Institution de Washington, D. C., está llevando a cabo estudios específicos sobre la fase metálica; por su parte el Dr. L. A. Rancitelli, de Battelle, Washington, realiza estudios sobre el contenido de núcleos atómicos radiactivos de origen cósmico.

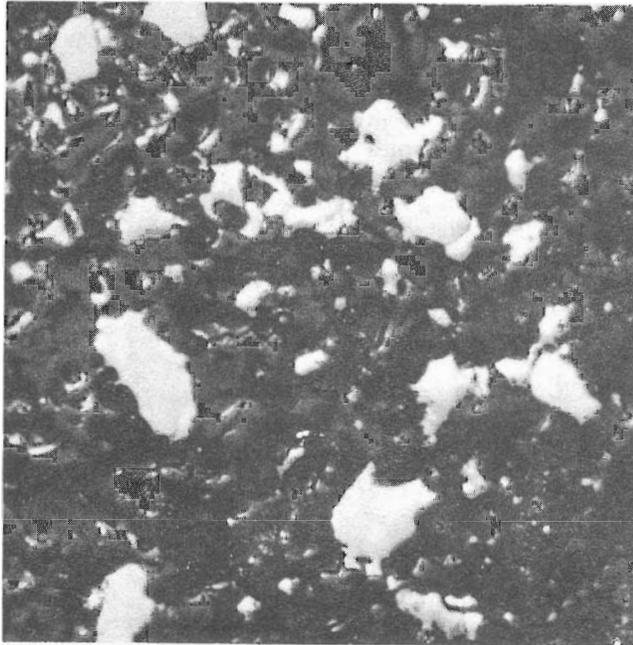
Investigaciones mineralógicas de mayor rigor sobre la meteorita Acapulco serán llevadas a cabo por Sánchez-Rubio.

PETROGRAFIA

A simple vista, la superficie fresca de la roca es de un color pardo algo amarillento y es sumamente áspero al tacto, por medio del cual suelen desprenderse algunos granos de minerales, ya que éstos están pobremente consolidados y en general la porosidad es baja, casi nula. La roca es muy homo-

génea y compacta y su aspecto general es el de una arenisca; tiene la particularidad de que sus componentes no resultan diferenciables con facilidad, aun con la ayuda de la lupa, excepto en sección delgada.

En la sección pulida (Figura 3), se aprecia con claridad el carácter esencialmente silicatado de la roca, resaltando los fragmentos de hierro-níquel por su característico color gris y lustre metálico. También son visibles los pequeños fragmentos del sulfuro de hierro, troilita, de color bronceado. Agrupaciones cristalinas de plagioclasa aparecen irregularmente distribuidas en la roca.



1 mm

Figura 3.—Aspecto de la meteorita al microscopio, en superficie pulida. Los tonos blancos corresponden a Fe-Ni y al sulfuro troilita, los negros a cromita y a ciertas oquedades producidas durante la elaboración de la superficie pulida; los tonos grises corresponden a los silicatos. Los pequeños puntos blancos son inclusiones metálicas.

Textura.—La textura es granoblástica, con un tamaño de grano relativamente uniforme. Los componentes mineralógicos son anhedral, con la excepción de la cromita que es subhedral. Los cóndrulos son totalmente inexistentes, aunque es probable que la recrystalización los haya borrado, y queden sólo algunos restos de silicatos esféricos y subsféricos (Figuras 3 y 4). No se detectó vidrio.

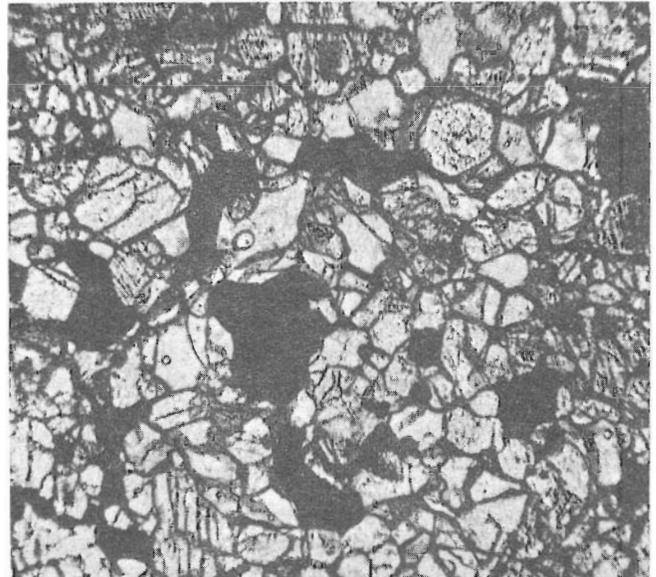
En sección delgada se aprecian algunas zonas en forma de listón, de color amarillento, transparentes, cuya naturaleza parece ser el resultado de oxidación; sólo estudios posteriores podrán confirmar esto.

Mineralogía.—La fracción silicatada está integrada por los siguientes minerales (porcentajes en volumen):

piroxenas	42.61%
olivino	31.78%
plagioclasa	12.91%

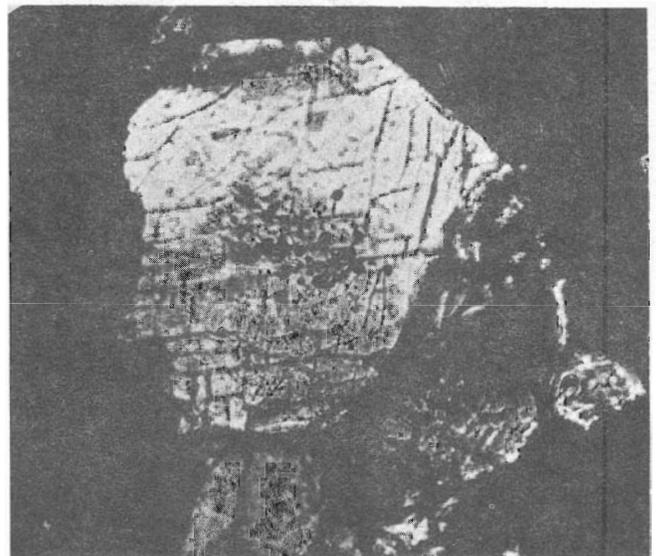
Las piroxenas fueron determinadas como ensta-

tita y diopsida; esta última alcanza no más del 5%. La enstatita muestra un color amarillento como el de la miel de abeja, que se manifiesta tanto en sección pulida como en fragmentos sueltos. En sección delgada, la enstatita muestra su característica extinción recta y baja birrefringencia, en cristales anhedral de hasta 1 mm de largo (Figura 5). Sus índices de refracción varían entre 1.662 y 1.685, sugiriendo una composición aproximada de Fs_{20} .



1 mm

Figura 4.—Sección delgada de la meteorita vista al microscopio. Los tonos más claros corresponden a la plagioclasa; los tonos grises corresponden a las piroxenas y al olivino, distinguiéndose las primeras por el crucero; los tonos negros corresponden a los minerales opacos. Nótese las pequeñas inclusiones esféricas en los silicatos.



0.25 mm

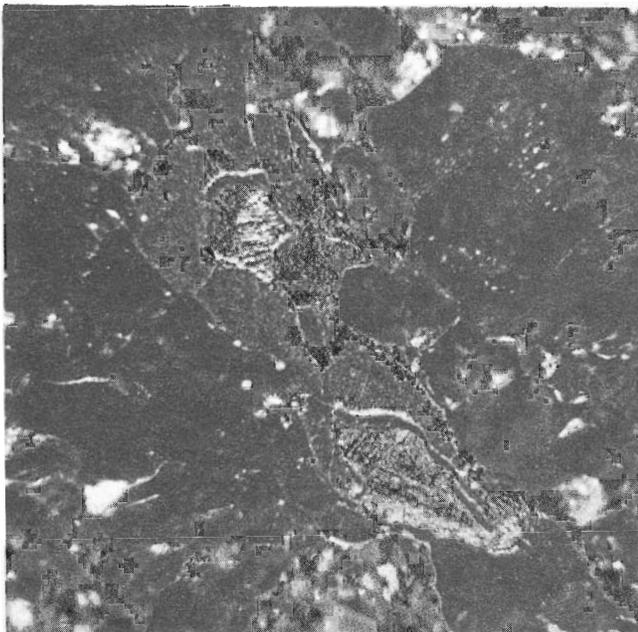
Figura 5.—Ortopiroxena en corte basal con inclusiones metálicas, vista con polarizadores cruzados en posición de máxima interferencia.

Un mineral de color verde fue identificado con rayos X como diopsida; el color verde sugiere que en verdad se trata de diopsida de cromo. Algunos de estos cristales llegan a medir hasta 2 mm de largo. Por sus índices de refracción (valor mínimo: 1.68) se infiere una composición aproximada de He_{10} .

El olivino muestra su birrefringencia elevada característica y un ángulo óptico grande ($80^\circ - 90^\circ$), lo que sugiere una composición cercana a la de la forsterita. Como el resto de los silicatos, es de forma anhedral y muestra un máximo de 0.5 mm de largo (Figura 4).

La plagioclasa es oligoclasa y muestra el maclado de la albita con cierta frecuencia. Ocurre en cristales anhedrales de hasta 0.4 mm que se encuentran dispersos generalmente en la roca, aunque ya se ha mencionado cierta tendencia a presentarse en agrupaciones de forma irregular, que no se observan en sección delgada.

Inclusiones metálicas pequeñas se presentan agrupadas dentro de las piroxenas (Figuras 5 y 6), sin cruzar de un cristal a otro. En los olivinos ocurren en muy pequeña cantidad y están alineadas en direcciones preferenciales. Las plagioclasas se muestran limpias de inclusiones metálicas. Por otro lado, inclusiones globulares de muy variados tamaños aparecen tanto en las plagioclasas como en las demás fases silicatadas (Figura 4); aunque ciertamente se trata de silicatos ferromagnesianos, su identidad no fue establecida. No se observó zoneamiento en ninguno de los silicatos.



0.25 mm

Figura 6.—Fragmento de Fe-Ni metálico que revela su estructura interna después del ataque con "nital"

La fracción opaca está constituida por tres fases diferentes:

hierro-níquel	4.74%
troilita	6.44%
cromita	1.52%

El hierro-níquel ocurre en granos de forma irregular hasta 2.5 mm de diámetro máximo (Figura 3), mostrando su característico color gris y lustre metálico. El ataque de una sección pulida de la roca con "nital" (mezcla de ácido nítrico y alcohol), puso al descubierto la estructura interna de estos fragmentos metálicos; estas variaciones estructurales internas sugieren la presencia de los minerales kamacita y taenita, fases pobre y rica en níquel, respectivamente, y de plessita, que es una solución sólida de los dos anteriores (Figura 6).

El mineral troilita, que es un sulfuro de hierro, ocurre en granos de color bronceado, de forma irregular y hasta 0.5 mm de diámetro máximo. Aparece distribuido al azar y rara vez en contacto con los granos de hierro-níquel; cuando esto último ocurre, el sulfuro envuelve al metal.

El mineral cromita fue identificado por sus propiedades físicas tales como color, raya y dureza. Su hábito cristalino en octaedros (éste es el único mineral subhedral) fue también de ayuda para su identificación. Por lo demás, tiene lustre vítreo y fractura cóncava y su tamaño no excede los 0.5 mm. Aparece también distribuido al azar en la roca y no se observó en contacto con ningún otro de los opacos.

CLASIFICACION

La meteorita Acapulco es una condrita recristalizada del tipo 6, de acuerdo con las evidencias siguientes (Binns, 1967; Van Schmus y Wood, 1967):

- (1) Ausencia de vidrio.
- (2) Gran desarrollo cristalino de la plagioclasa y de las piroxenas.
- (3) Presencia de inclusiones globulares y formas subsféricas de minerales ferromagnesianos, que son restos de cóndrulos primitivos.
- (4) Abundancia relativa de la ortopiroxena.
- (5) Alto grado de cristalinidad y ausencia de matriz.

Considerando su densidad, que es 3.616, la meteorita Acapulco también se agrupa con las condritas; las acondritas son menos densas y, por el contrario, las litosideritas (*stony-irons*) son mucho más pesadas (McCall, 1973, p. 149).

La abundancia de olivino, así como la baja proporción de hierro-níquel en la meteorita Acapulco, no favorecen su inclusión con las E-condritas (condritas de enstatita). Por el contrario, si se consideran las proporciones de olivino establecidas por Mason (1965, p. 31) para las condritas de broncita y las de hiperstena, la meteorita Acapulco debe agruparse con las H-condritas (condritas de broncita). La composición de la ortopiroxena reafirma esta clasificación.

Los resultados preliminares del análisis químico dan valores de FeO y MgO consistentes con la clasificación propuesta (*H6 chondrite*).

RECONOCIMIENTOS

Los doctores R. Dietz, y C. Moore, del Center for Meteorite Studies (Arizona), y R. S. Clarke Jr., de la Smithsonian Institution, hicieron valiosos comentarios sobre la naturaleza, nombre y clasificación.

ción de la meteorita. El Dr. F. Ortega-Gutiérrez, del Instituto de Geología (UNAM), hizo también valiosas observaciones sobre la mineralogía y su origen por procesos de recristalización. C. F. Lewis, del Center for Meteorite Studies (Arizona), proporcionó generosamente el método de ataque químico de la fase metálica, cortó con presteza y habilidad la meteorita y atendió gentilmente a Sánchez-Rubio durante la breve visita de éste a dicho centro de estudios.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Binns, R. A., 1967, Structure and evolution of non-carbonaceous chondritic meteorites: *Earth and Planet. Sci. Let.*, v. 2, p. 23-28.
- Cristophe Michel-Lévy, M., y Lorin, J. C., 1978, Acapulco, a new type of chondrite: Sudbury (Canada), *The Meteoritical Soc.*, 41 Ann. Meeting, Progr., p. 93 resumen.
- Mason, Brian, 1962, *Meteorites*: New York, John Wiley and Sons, 274 p.
- 1965, The chemical composition of olivine-bronzite and olivine-hypersthene chondrites: *Amer. Museum Nat. History, Novitates*, n. 2223, 38 p.
- McCall, G. J. H., 1973, *Meteorites and their origins*: Devon (England), David and Charles (Holdings), Ltd., 352 p.
- Sánchez-Rubio, Gerardo, 1978a, Fall of the Acapulco, Mexico, stony meteorite: *Scientific Event Alert Network (SEAN) Bull.*, v. 3, n. 1, p. 10.
- 1978b, Fall of the Acapulco, Mexico, stony meteorite: *The Meteoritical Bull.*, n. 55, p. 327-328.
- Van Schmus, W. R., y Wood, J. A., 1967, A chemical-petrologic classification for the chondritic meteorites: *Geochim. et Cosmochim. Acta*, v. 31, p. 747-765.
-