

Características Observables y Medibles para Distinguir Meteoritas de Falsas Meteoritas

Adela M. Reyes, Consuelo Macías, Octavio Reyes, Carlos Linares, Fernando Ortega

Universidad Nacional Autónoma de México
Avenida Universidad 3000, Ciudad Universitaria, 04510, Distrito Federal, México.
adelars@servidor.unam.mx

RESUMEN

Las meteoritas son fragmentos de materiales naturales extraterrestres que caen desde el espacio a la Tierra. Constantemente caen sobre la Tierra como lluvia meteorítica o en forma aislada. Muchas meteoritas son recuperadas después de verlas caer, pero con frecuencia la mayoría son hallazgos. No siempre es fácil medir e identificar una meteorita ya que algunas de sus características son compartidas por rocas terrestres o materiales hechos por el hombre, originando confusión. Se presenta una guía sencilla y con ayuda de microanálisis con MEB para descartar cualquier falsa meteorita. Se ejemplifican métodos analíticos de medición para clasificar las meteoritas.

1. INTRODUCCIÓN

Una meteorita es un objeto natural que cae desde el espacio a la Tierra, y al penetrar la atmósfera puede producir una luz y sonido muy fuertes. Constantemente caen sobre la Tierra como lluvia meteorítica o en forma aislada. Su tamaño tiene un rango desde microscópico hasta una masa de muchas toneladas [1].

Muchos científicos piensan que las meteoritas son partes de nuestro Sistema Solar y proceden de la capa de asteroides localizada entre Marte y Júpiter. Son materiales muy antiguos, la mayoría con edades de alrededor de 4 550 millones de años y esencialmente han permanecido inalterados desde su formación, [2].

Las meteoritas son importantes científicamente porque son los únicos objetos de que disponemos para obtener información primaria acerca del origen de nuestro Sistema Solar.

Si bien constantemente caen sobre la Tierra, son materiales muy cotizados tanto por coleccionistas como en Instituciones por su gran interés científico. Algunas pueden ser muy caras, alrededor de 1000 dólares estadounidenses por gramo (como la meteorita Acapulco o algunas meteoritas marcianas).

Frecuentemente, supuestas meteoritas son traídas al Instituto de Geología para su identificación; puesto que algunas meteoritas pueden verse muy parecidas a rocas terrestres es necesario recurrir a las características que ayudan a diferenciar algunos materiales que erróneamente son identificados como meteoritas.

Las pseudometeoritas o falsas meteoritas son rocas o materiales terrestres poco comunes que con facilidad se consideran erróneamente meteoritas tales como algunas hematitas, magnetitas, basaltos, obsidianas, rocas sedimentarias pesadas y erosionadas, fundidos siderúrgicos, entre otras [3].

La mayoría de las meteoritas tienen características distintivas que las diferencian de las rocas u otros materiales formados en la Tierra, el propósito de este trabajo es establecer los criterios para identificarlas.

Para reconocer las características de las meteoritas es necesario mencionar algunos conocimientos básicos de su constitución.

2. MATERIALES QUE CONSTITUYEN A LAS METEORITAS

Los materiales que componen a las meteoritas son de dos tipos principales de minerales: silicatos ricos en hierro y magnesio llamados ferromagnesianos tales como el olivino $(\text{FeMg})_2 \text{SiO}_4$ y la piroxena $(\text{FeMgCa})_2 \text{Si}_2 \text{O}_6$, (ambos comunes en rocas de la Tierra) y hierro nativo conteniendo cantidades variables de níquel en composiciones que no se encuentran en la Tierra (Fe-Ni) [4].

3. GRUPOS PRINCIPALES DE METEORITAS

Históricamente, las meteoritas han sido divididas en tres grandes categorías en base a las proporciones de sus silicatos ferromagnesianos (Fe-Mg) y al contenido de sus metales Fe-Ni. Las meteoritas son nombradas de acuerdo al lugar donde cayeron.

3.1. Metálicas

Están compuestas casi en un 100 % de hierro y níquel. Cuando la superficie de una meteorita metálica es atacada con nital (95 % de alcohol etílico y 5 % ácido nítrico) aparece una textura llamada Patrón de Widmånstatten que es exclusiva de material extraterrestre, (Fig. 1). Este patrón de Widmånstatten, corresponde al entrecruzamiento de varias fases de Fe-Ni y es el resultado de la transformación de la taenita a la kamacita con la disminución de la temperatura en estado sólido, reacción controlada por difusión, este enfriamiento lento se lleva a cabo durante millones de años. Las tasas de enfriamiento metalográfico combinadas con modelos numéricos de la evolución térmica de los cuerpos parentales pueden ser usados para inferir el tamaño de estos de donde se originaron las meteoritas metálicas. Las tasas de enfriamiento para los diferentes grupos de las meteoritas metálicas están en el rango de $10\text{ }^{\circ}\text{C Myr}^{-1}$ a $100\text{ }^{\circ}\text{C Myr}^{-1}$, [5].



Fig. 1. Textura de Widmånstatten en la meteorita metálica Toluca (ejemplar de la colección del Instituto de Geología, UNAM) amplitud de la imagen: 5 cm.

3.2. Pétreas

Es el grupo más abundante. Contienen más del 75 % de minerales silicatados pero pueden tener entre 10 % y 25 % de metales de hierro y níquel, así como sulfuros. En la Fig. 2 puede observarse como ejemplo de éste grupo a la meteorita mexicana Allende, que por sus características especiales es una de las más estudiadas a nivel mundial.



Fig. 2. Meteorita Allende, del tipo pétreo, la parte negra es la costra de fusión que se forma al cruzar la atmósfera terrestre, gris claro es la parte silicatada. 10 cm de largo ejemplar de la colección del Instituto de Geología UNAM.

El grupo de las pétreas a su vez esta dividido en condritas, con condros o acondritas si no los presentan. Los condros son estructuras esféricas milimétricas y son materiales exclusivamente extraterrestres, Fig. 3.

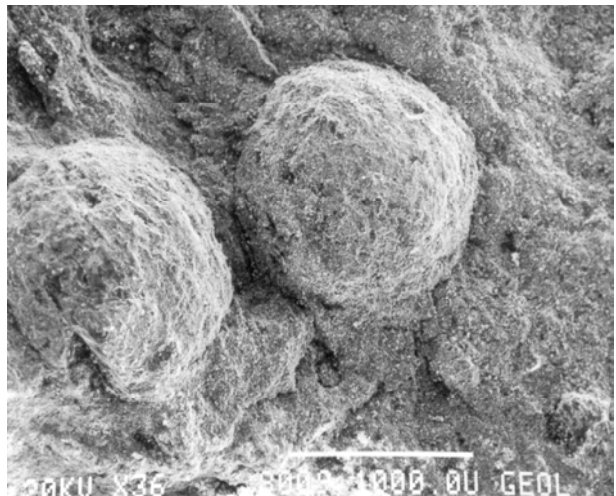


Fig. 3. Condros en la meteorita Allende, imagen de MEB, la escala corresponde a 1 mm.

3.3. Mixtas

Unas pocas meteoritas están entre estos dos tipos y se llaman mixtas, férreo-pétreas o litosideritas, compuestas por alrededor de 50 % de metales y 50 % de silicatos. Representan alrededor del 1.5 % del total de las meteoritas conocidas por lo que son relativamente raras, se encuentran representadas por las Pallasitas, Siderófitas y Mesosideritas, siendo el primer grupo el más representativo, Fig. 4.

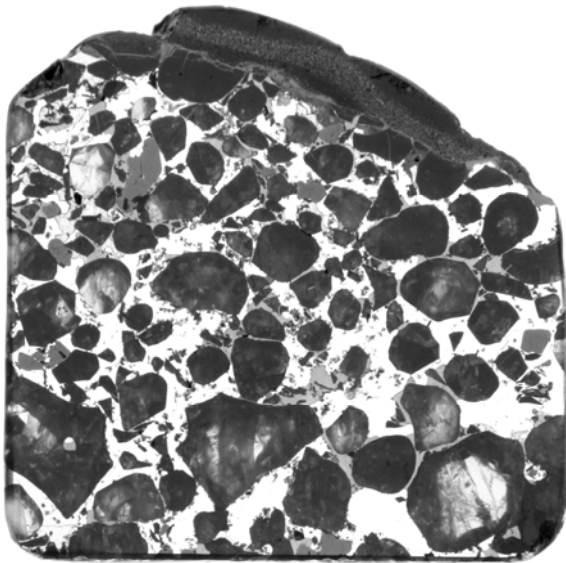


Fig. 4. Meteorita mixta (pétreo-férrica), cristales de olivino dispersos en una matriz metálica, ancho de la muestra: 7 cm (ejemplar de la colección del Instituto de Geología)

4. CARACTERÍSTICAS DE METEORITAS

Algunas características principales que nos permiten identificarlas son:

- Su corteza de fusión o costra, de grosor milimétrico, se forma cuando la meteorita cruza la atmósfera terrestre y solamente puede observarse en las de caída reciente, esta costra puede desprenderse con facilidad y es de color negro o muy oscuro.
- Su magnetismo, ya que fácilmente son atraídas por un imán.
- El interior. En las meteoritas metálicas tiene una apariencia plateada, mientras que las pétreas pueden ser desde muy claras hasta negras, pero predominan las de color gris oscuro y pueden verse pequeñas partículas metálicas dispersas. Si se tiene una meteorita, el interior puede observarse raspando una pequeña arista para no destruir algún material de valor científico.
- Su densidad, generalmente tienen un peso mayor que cualquier roca terrestre del mismo tamaño. Las metálicas usualmente pesan tres veces más que las rocas terrestres, las pétreas pueden pesar como 1 y $\frac{1}{2}$ veces más.
- Textura regmagliptica, no todas las meteoritas las presentan pero cuando están presentes se observan como dentaciones o cavidades en la roca, también son formadas durante el

calentamiento por la fricción con la entrada atmosférica, Fig. 5

- Condros, son estructuras esféricas milimétricas, (los de la meteorito Allende son excepcionalmente mas grandes Fig. 3) están formados por materiales silicatados y fueron formados muy al principio en la historia del Sistema Solar; no existen en rocas de la Tierra.
- Cualquier metal visible en el interior fresco de la roca puede ser indicativo de que es un meteorito, la cantidad de metal nos define si es una meteorita metálica mixta o una pétreo.



Fig. 5. Morito (Chihuahua) meteorita metálica, descubierta en el año 1600, se observan los regmagliptos, espécimen de gran tamaño (más de 10 toneladas, la altura del cono de 100 cm a 105 cm; el ancho, en dos direcciones perpendiculares son alrededor de 190 cm y 140 cm), se exhibe en el Palacio de Minería de la Cd. de México.

Adicionalmente a estas características observables y medidas empíricamente, la prueba científica definitiva de certificar una meteorita se lleva a cabo mediante la detección de níquel lo cual se realiza con un microscopio electrónico de barrido (MEB) que posea un detector de energía dispersiva de rayos X (EDEX), en un proceso que no destruye la muestra y es a la vez muy rápido.

El MEB que por medio del haz de electrones rastrea la superficie de la muestra nos proporciona una imagen ampliada de la misma con lo que podemos observar si tenemos algunas de las características distintivas de meteoritas y detectar fácilmente a las partículas metálicas que son de mayor brillantez y contraste. El MEB con la adición de un sistema de espectrometría de energía dispersiva de rayos X (EDEX) nos permite

determinar la composición de los granos metálicos de nuestra supuesta meteorita. Son dos los minerales metálicos más comunes en las meteoritas no encontrados en la Tierra: Kamacita con una proporción de Fe-Ni alrededor de 94 % y 6 %, respectivamente y Taenita con Fe alrededor de 88 % y Ni cercano a 12 %, Tabla 1, Fig. 6.

Tabla 1. Composición química de los minerales metálicos en la meteorita pétreo Cuarta parte, obtenido con un equipo de energía dispersiva de rayos X Tracor-Noran adicionado con un MEB JEOL 35c.

	Kamacita	Taenita
Fe	92.054	86.865
Co	1.364	0.831
Ni	6.581	12.304

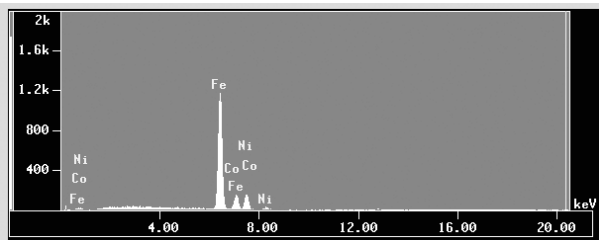


Fig. 6. Espectro característico (EDEX) de los minerales metálicos exclusivos de meteoritos, corresponde al mineral taenita.

5. MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE METEORITAS

Una vez identificada una roca como meteorita, para caracterizar la clase química a la que pertenecen los diferentes tipos de meteoritas, es necesario recurrir a otras técnicas analíticas más precisas.

Para las meteoritas metálicas, estas se clasifican en base a sus propiedades químicas y estructurales, esta última es básicamente descriptiva ya que las clasifica de acuerdo con el espesor de las bandas del patrón de Widmånstatten. La clasificación química, realizada por métodos espectroscópicos, las divide en función de sus contenidos de algunos metales como germanio (Ge) e iridio (Ir) con respecto a su contenido de níquel (Ni) y forman 12 subgrupos, Fig. 7. Se asume que cada grupo químico proviene de un cuerpo parental correspondiente. Se supone que las meteoritas metálicas son restos de núcleos de cuerpos planetarios que alguna vez existieron en nuestro Sistema Solar y posteriormente fueron destruidos por grandes impactos.

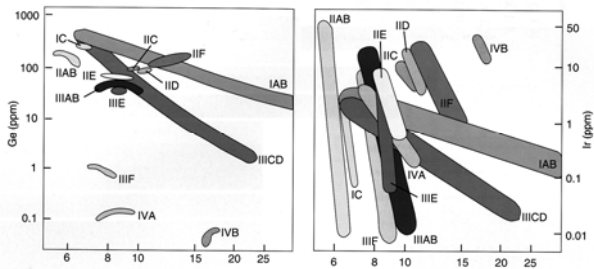


Fig. 7. Las familias químicas de las meteoritas metálicas están definidas por su contenido de germanio e iridio en relación al níquel, formando 12 grupos (modificado de [6]).

En cuanto a las meteoritas pétreas, las condritas ordinarias (CO), constituyen el grupo más representativo. Están divididas dentro de tres grupos: H, L y LL, las letras designan grupos de acuerdo al contenido total de Fe; las condritas ordinarias H tienen alto contenido de hierro (Fe) total, las L tienen contenidos bajos de Fe total y las LL presentan contenidos muy bajos de Fe total. Estas características son reflejadas en el incremento en la relación de Fe/(Fe+Mg) de sus minerales ferromagnesianos: olivinos y piroxenas. Utilizando la microsonda electrónica con los espectrómetros de energía dispersiva de longitud de onda (siglas en inglés: WDS) donde con la utilización de patrones de referencia para el análisis de estos minerales se miden cuantitativamente sobre una superficie bien pulida las cantidades de Fe y Mg en los olivinos y piroxenas de la meteorita en estudio.

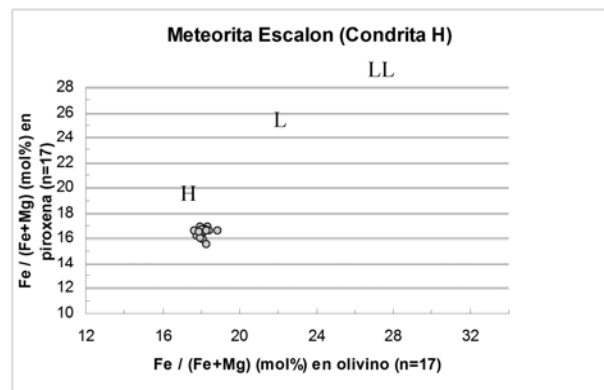


Fig. 8. Clasificación de la meteorita condrita ordinaria Escalón.

Como un ejemplo de este método, en la Fig. 8 están graficados los análisis que hemos realizado en la meteorita mexicana Escalón (Chihuahua), la cual corresponde a una condrita ordinaria de la clase H.

Estos análisis se obtuvieron con una microsonda JEOL JXA-8900R en el Laboratorio Universitario de Petrología de la UNAM, efectuando análisis puntuales en olivinos y piroxenas sobre una lámina delgada pulida de la meteorita. Se utilizó 20 kV, 1 μ m de diámetro de haz y 20 nA de corriente.

6. CONCLUSIONES

Se han presentado a manera de guía las características observables y medibles empíricamente y la descripción de la prueba analítica semi-cuantitativa de los metales por medio del MEB-EDEX para determinar si una muestra es de origen extraterrestre o no.

Se describen brevemente métodos analíticos cuantitativos para ya identificada una meteorita, poder determinar la clase química a la cual pertenece.

AGRADECIMIENTOS

A la Química Sonia Ángeles por su cooperación con el SEM del Instituto de Geología, UNAM.

REFERENCIAS

- [1] B. Mason, *Meteorites*, John Wiley and Son, Inc. 1962, pp. 274.
- [2] A. Bevan, *Meteorites in the care and conservation of geological materials*, Ed. F. Howie Butterworth-Heinemann, p. 85-101, (1992)
- [3] J. M. Karner, H.E. Newsom, R.H. Jones, J. Simmons, T. García, D. Livingston y B. Townend *Meteorite identification- A partnership opportunity*, Lunar and Planetary Science XXXII, 2002, p. 1655.
- [4] R. Rohns, *Meteorite or meteor-wrong: A comparison of meteorites with terrestrial rocks*, 39 th Annual Meeting Geological Society of America Abstracts, Vol. 36 No.3, 2005, p. 9
- [5] J. A., Wood, *Cooling rates and parent planets of several iron meteorites*, *Icarus*, 3, 429-459, (1964).
- [6] A. Bevan, J., Laeter, *Meteorites- journey through space and time*, University of New South Wales Press., pp. 357, (2002).