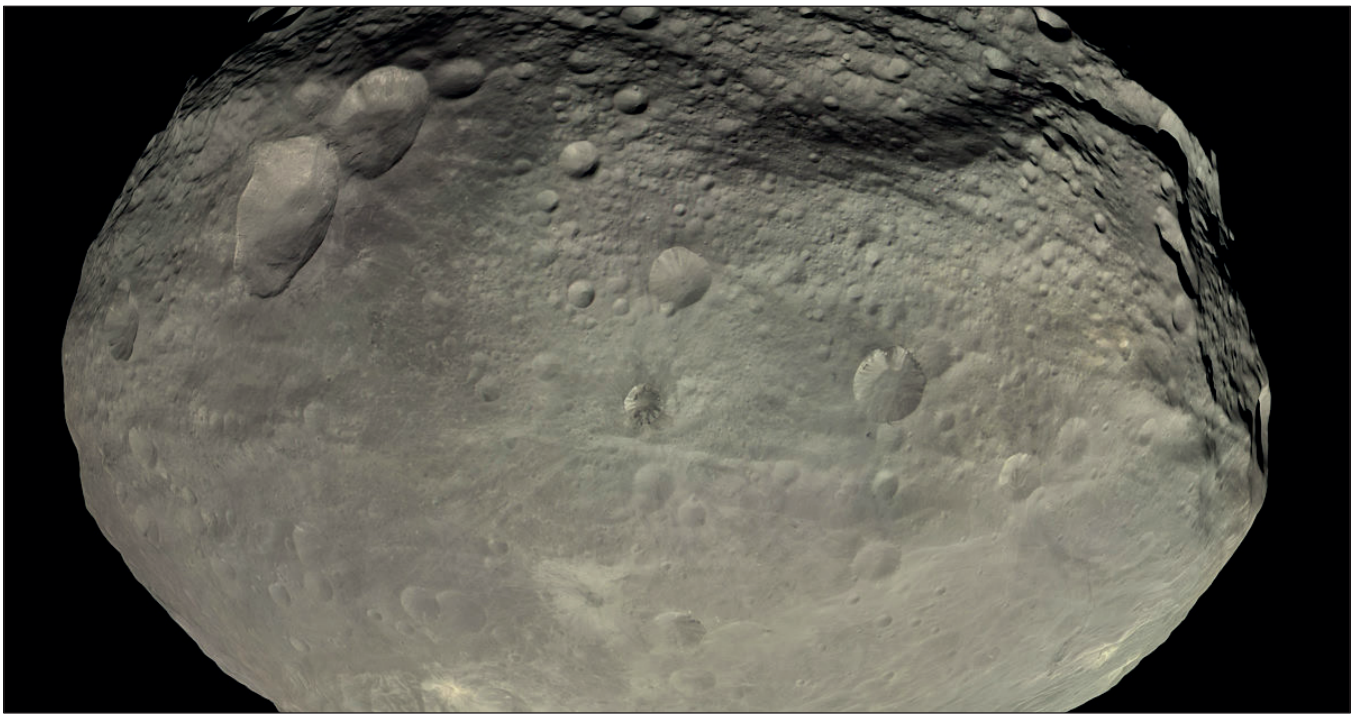
¿Es Vesta el parental de los meteoritos HED?

José García*



La ciencia es sorprendente, y el avance de las tecnologías está llevando al ser humano a adentrarse en la exploración de las más inhóspitas fronteras del espacio. Más allá de lo que alcanza el entendimiento, hemos colocado sondas y laboratorios capaces de medir y analizar, y por supuesto de enviar datos a nuestro planeta. Datos que han sido cruciales para ampliar el conocimiento de los cuerpos que cohabitan en el sistema solar con los planetas.

Entre estos cuerpos se encuentra Vesta, un protoplaneta que con sus 530 kilómetros de diámetro medio, goza el prestigio de ser un embrión planetario de los orígenes del sistema solar. En sus materiales se han producido procesos geológicos, pero la formación de un planeta se quedó detenida en el tiempo, y desde entonces, este embrión ha sido foco de las agencias espaciales, deseosas de conocer cómo eran los cuerpos protoplanetarios de los inicios del Sistema Solar.

El asteroide Vesta fue descubierto el 29 de marzo de 1807 por el físico alemán Heinrich Olbers. Se trata de un cuerpo masivo, acaparando el 9% de la masa del cinturón principal de asteroides, el cuarto en ser descubierto, el tercero en masa.

Figura 1 -

El asteroide Vesta comparado en tamaño con la Luna. (NASA-JPL-CUCAL-MPS-DLR-IDA-SS)

Vesta nos ha mostrado una violenta historia geológica, y es que su superficie sur se encuentra dominada por dos gigantescas cuencas de impacto; Rehasilvia y Veneneia. Se estima que estos impactos sucedieron hace unos mil millones de años, y que como consecuencia de ellos el asteroide perdió hasta el 1% de su masa, dejando al descubierto una superficie de hasta 80 kilómetros de profundidad, dejando expuestos parte de su corteza y de su manto.

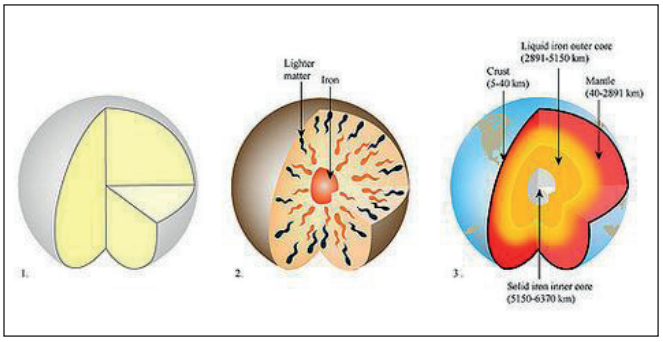


FIGURA 2 - *Diferenciación magmática de un cuerpo.*

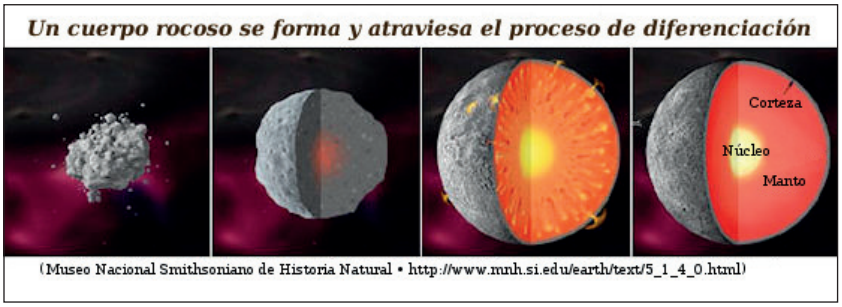


FIGURA 3 - *Diferenciación magmática.*

Sin embargo Vesta comparte órbita con otros pequeños asteroides de la misma naturaleza. Son vestoides que probablemente formaron parte de un cuerpo parental mayor. Aquí se abren dos hipótesis interesantes que los científicos tratan de desvelar.

Desde la llegada de la sonda Dawn de la NASA al asteroide, una cascada de datos científicos se han brindado a la ciencia, en los que se ha podido determinar que la familia de meteoritos conocidos como HED (por las siglas de sus principales componentes, H = howarditas, E = eucritas, D = diogenitas) presentan una composición química y modal similar a las tierras analizadas por espectro remoto en Vesta. Se estableció de esta manera un enlace genético entre estos meteoritos y el asteroide. Hasta aquí todo es coherente, en cuanto que los restos eyectados de los impactos fueran los responsables de la llegada a nuestro planeta de estos HED.

Sin embargo, nuevos y profundos análisis han demostrado que existen otros dos tipos más, al menos, de meteoritos, que también presentan enlaces genéticos con los asteroides Vestoides, si no directamente con Vesta. Se trata de los Mesosideritos, y de los metálicos IIIAB. Este estudio llevado a cabo por el investigador John Wasson (UCLA) y presentado en un artículo publicado en *Earth and Planetary Science Letters* ha postulado que todos estos grupos de meteoritos efectivamente procedan de vestoides. Pero deja abierta una interesante brecha en cuanto a su enlace genético con Vesta.

La hipótesis en cuestión se sostiene en el hecho de que cuando un cuerpo parental en formación adquiría un diámetro superior a los 25 km, ya disponía de masa suficiente como para producir fenómenos geológicos internos, tender al equilibrio hidrostático y formar materiales de nueva génesis. La masa de un cuerpo de tamaño superior, haría que los metales que existieran en el cuerpo se hundieran progresivamente hacia el interior para formar su núcleo.

Este mismo proceso hubiera tenido lugar en Vesta, por lo tanto, si sus metales están en el núcleo, por qué los meteoritos IIIAB están genéticamente relacionados? ¿Cabe la posibilidad de que esos metales procedieran de los restos vestoides que comparten órbita con Vesta, y que pudieron haber formado otro asteroide similar a éste, y que sufriera un desgraciado final? Porque lo cierto es que el núcleo de Vesta no está expuesto.

Esta hipótesis sin embargo ha dejado de lado otra posibilidad. En nuestro planeta azul tenemos importantes vetas de oro y otros metales en profundidades relativamente cortas. Según el principio que acabamos de explicar, éstos deberían estar formando parte del núcleo terrestre,

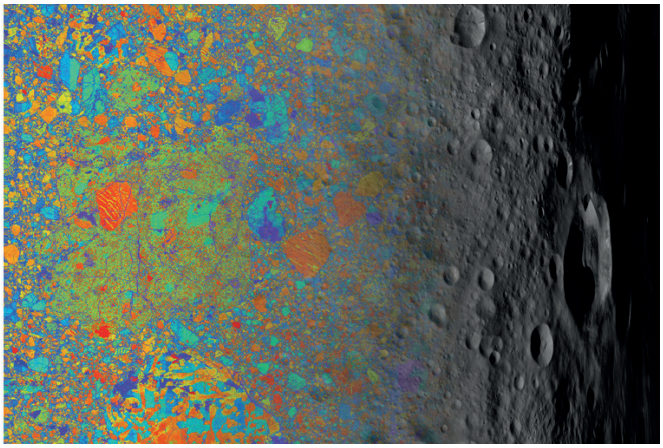


Figura 4 - *Medición espectrográfica sobre la superficie del asteroide Vesta que ha permitido a la NASA asociar al mismo la familia de meteoritos HED.*

pero no es así. Están en la corteza terrestre. Quizás como consecuencia de asteroides que los depositaron después de la formación del planeta. ¿Pudo suceder algo similar en Vesta, donde un asteroide metálico depositara los hierros IIIAB? ¿O tal vez el colisionador contra Vesta pudo haber sido un asteroide metálico de este tipo?

Esto explicaría también por qué los mesosideritos presentan lazos genéticos con Vesta. El metal del impactador, y los silicatos del asteroide basáltico se mezclaron durante el impacto formando esas brechas que conocemos como mesosideritos.

Lo cierto es que, a falta de confirmación de que los Vestoides fueran los restos dispersos de la destrucción de un segundo asteroide de características similares a Vesta, los investigadores no pueden descartar que se traten de ese 1% de la eyecta que salió del protoplaneta después de sufrir las colisiones que formaran sus gigantescas cuencas.

Sea como fuere, lo cierto es que estos meteoritos HED, IIIAB y Meso han sido ligados genéticamente al menos a una familia asteroidal. Es un gran principio para seguir avanzando en las investigaciones, ya que de esta manera, estos meteoritos se convierten oficialmente en la fuente de información física más fiable de los mismos, y por tanto, quienes nos están revelando su historia genética.

Dentro del grupo de los meteoritos HED destacan por su cantidad las eucritas. Estas rocas son de origen basáltico, y se estima su formación en flujos de lava. Casi podemos decir que existen tantos tipos distintos como meteoritos encontrados, pero sería exagerar un poco. No obstante, las eucritas han mostrado petrografía y composiciones muy dispares, desde ejemplares brechados a no brechados. Desde rocas polimícticas a monomícticas y genomícticas. El abanico de posibilidades es sorprendente.

Incluso se han identificado eucritas que podrían perfectamente pasar desapercibidas como rocas lunares. Es un abanico petrográfico tan sorprendentemente amplio, que esto nos da una idea de la heterogeneidad del propio asteroide.

En todos los casos son rocas basálticas dominadas por la presencia de piroxenos y plagioclasa, con la presencia de metal en forma de kamacita y taenita, así como troilita, ilmenita, cromita y otras fases minoritarias. Lo propio de un basalto, prácticamente.

Figura 5 -

Meteorito NWA 11397, Eucrita polimíctica procedente del asteroide Vesta.

Colección de ADARA, Petrography and Curation Meteorites Laboratory.

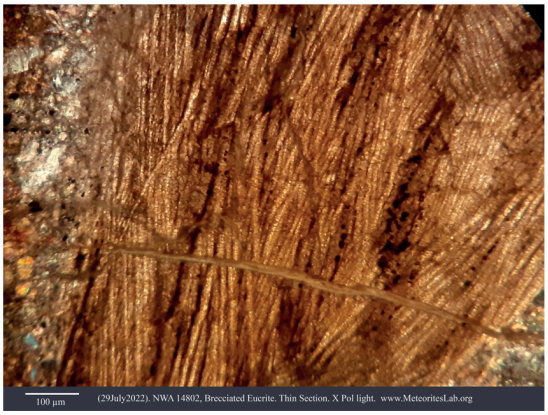
Por su parte, las diogenitas también están mostrando un abanico interesante, ya que van desde rocas cumuladas monomícticas hasta polimícticas y brechadas. En todo caso, lo que define si un meteorito es Eucrita o Diogenita, va a ser el porcentaje de ortopiroxeno que conforman su composición.

Las diogenitas son auténticas gemas. Están formadas por hasta un 95% de ortopiroxeno

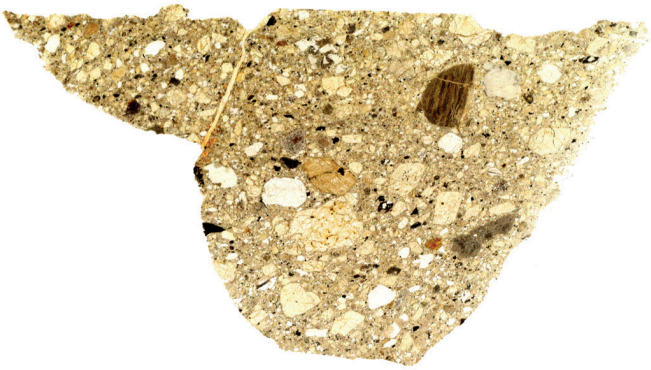
Classification of Northwest Africa 14802, eucrite-br.

José García, ADARA Petrography & Curation Laboratory 'Meteorites Lab'
P.O. Box 3. Agüimes, 35260, Las Palmas, Spain. laboratory@meteoriteslab.org

NWA 14802 is an igneous rock, found in Morocco, 2020. The sample weight 122.1 grams. It is a grey rock, clearly brecciated, without fusion crust, and desert varnished. When it was examined in hand specimen, we determine it is an eucrite, one thin section was made for analysis, and a type specimen was separate for classification in CEREGE.



The previous petrographic analysis was made in our lab, in which a trinocular polarizing microscope is used, Model RPL3T from Radical Scientific Equipments, with a capacity of 40x to 600x magnification. The sample is a polished thin section previously prepared. The section revealed the brecciation in the meteorite, and shows a lot of interesting lithic clasts.



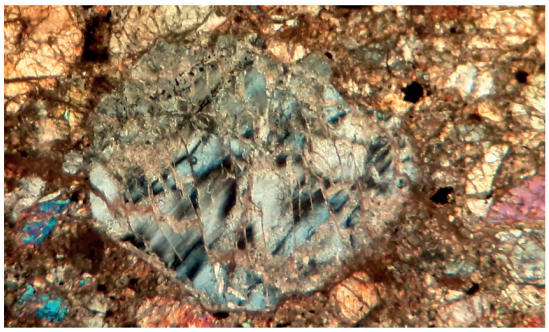
The thin section shows a meteorite, brecciated, with ophytic texture, and size grain 250 µm in average. Main minerals are pyroxene (some exsolved, others zoned), and plagioclase. Accessory chromite, ilmenite, troilite y FeNi metal were observed.

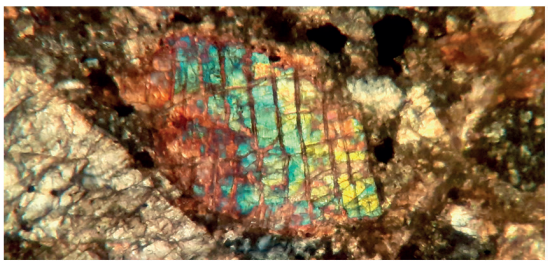
Some igneous-like clasts (dark one in the image) are documented.

All these components are coherent with basaltic rocks formed in the origin of the Solar System. For that, brecciated eucrites are good samples to know how that process occurs, and the implications for planetary development. Actually, there are only 209 meteorites classified as eucrites-br.

NWA 14802 was classified by Dr. Gattacceca in CEREGE as brecciated eucrite, and published in the Meteoritical Bulletin on May 8, 2022.

Geochemistry of NWA 14802 shows;
Pyroxene Fs35.1±5.7 Wo3.3±2.1, FeO/MnO=36.8±4.8 (n=6).
Plagioclase An86.0 Ab13.4 Or0.6 (n=2).





Eucrites are the most abundant type of basaltic achondrite, linked by geochemical traits such as oxygen isotopic ratios and certain elemental ratios, of which Fe/Mn is the most widely cited. The main minerals in eucrites are Fe-rich pyroxene and Na-poor plagioclase. The eucrites are strongly linked with the diogenites and howardites; the three groups are collectively known as HED meteorites and may come from asteroid 4 Vesta.
(The Meteoritical Bulletin)

MLab METEORITES PETROGRAPHY & CURATION WWW.METEORITESLAB.ORG

The Meteoritical Society #5976

cerege CENTRE EUROPÉEN DE RECHERCHE ET D'ENSEIGNEMENT DES GÉOSCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

y menores cantidades de olivino, junto a otras fases menores similares a las eucritas, que se generaron en un cumulado en los fondos de las cámaras magmáticas del asteroide Vesta. El enfriamiento lento dio lugar a la cristalización de grandes granos de mineral que forman estos preciosos meteoritos.

Han recibido este nombre como homenaje a Diógenes de Apolonia, célebre filósofo griego del siglo V, quien fue el primero en sugerir que los meteoritos podrían proceder del espacio.

La petrografía de las diogenitas muestra imágenes sorprendentes con un despliegue de pleocroísmo extraordinario, como puede verse en las imágenes adjuntas al texto.

Pero si restos desorganizados y heterogéneos hablamos, no podemos sino citar a las howarditas. Estos ejemplares son brechas regolíticas formadas por fragmentos rotos y mezclados de eucritas y diogenitas, junto a materiales procedentes de contaminación asteroidal exterior, tales como metales y restos de condritas carbonáceas.

Sucesivos impactos sobre la superficie regolítica del asteroide han ido litificando progresivamente este regolito, formando capas de howarditas.

Son por tanto meteoritos de gran interés para la ciencia, sobre todo porque en ellos se escriben historias geológicas admirables, tanto de la evolución de los materiales del propio asteroide, como de la interacción de los mismos con el medio exterior.

Sin embargo algunas howarditas podrían ser perfectamente calificadas como eucritas polimícticas. En este caso, el límite que define unas y otras es el contenido de los minerales de su composición. Un ejemplar con más del 10% de diogenitas y menos del 90% de clastos eucríticos, es una howardita, sin duda. Si la roca contiene menos del 10% de clastos diogeníticos, y más del 90% de clastos eucríticos, se considerará una eucrita. Si por su parte está compuesta por menos del 10% de eucrita y más del 90% de diogenita, se considera diogenita.

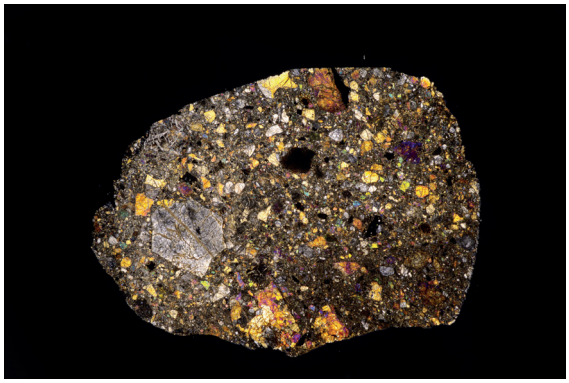


Figura 6.- *Meteorito NWA 14802 procedente de Vesta. Es un basalto que analicé y clasifiqué como eucrita brechada. Sección delgada.* (ADARA/J García).

El límite es difuso, pero es necesario para poder caracterizar las aportaciones directas de las capas asteroidales, y las del regolito.

Como pueden ver, los meteoritos HED son un amplio elenco de muestras diferentes bien identificadas, que caracterizan partes del asteroide de una forma fiel y profunda.

Es posible que en los albores del sistema solar, este pequeño asteroide hubiera tenido procesos magmáticos inherentes a su constitución. También es posible, como postulan otros investigadores, que el calor generado para la formación de lavas en su interior fuera consecuencia de la desintegración radiactiva de elementos de vida corta, como Aluminio 26. Sea como fuere, los basaltos están ahí, en ocasiones compactos, en ocasiones vesiculados. Con contenidos de metales y sulfuros, polimícticos y monomícticos. Subyacentes bajo una capa regolítica exterior, y en ocasiones expuestos como consecuencia de los impactos asteroidales que recibe su superficie. Y en todos ellos, llegando a nuestro planeta como un auténtico libro de historia natural. ■

***José García,** CEO y gerente en ADARA Petrography & Curation Meteorites Laboratory. Miembro 5976 de The Meteoritical Society, Clasificador de Meteoritos. Miembro del Comité para la Divulgación de la Ciencia y el Espacio (CODICE) y de la Red Española de Planetología y Astrobiología (REDESPA). Director técnico de la revista científica *METEORITOS*.