



DE METEOROS Y METEORITOS

RICARDO VEGA GRANILLO

Un meteorito es un cuerpo extraterrestre que sobrevive a su impacto con la superficie de la Tierra sin ser destruido. Los meteoritos tradicionalmente se han dividido en dos grandes categorías: 1) Meteoritos no-diferenciados o condritas, y 2) Meteoritos diferenciados que incluyen acondritas, meteoritos de hierro y meteoritos de hierro-roca. La gran mayoría de los meteoros se agotan o desintegran por el calor antes de tocar la superficie de la Tierra, pero algunos alcanzan a llegar hasta ella produciendo un meteorito. Los grandes meteoritos pueden golpear a la Tierra con una fuerza considerable, produciendo un cráter de impacto. Los cráteres de impacto conocidos presentan una depresión o hundimiento de forma circular u ovalada. En la Tierra, la mayoría de los cráteres de impacto más antiguos han desaparecido casi en su totalidad debido a la erosión, aunque algunos han sobrevivido. Por los años sesentas, numerosos investigadores, hicieron estudios detallados de los cráteres y aportaron una evidencia clara de que habían sido originados por impactos meteóricos. Se considera que hace unos 65 millones de años, el impacto de un gran meteorito provocó la extinción de más del 75% de plantas y animales terrestres. Se cree que este meteorito cayó en lo que actualmente es la Península de Yucatán formando un cráter de unos 180 km de diámetro. En ese contexto, el estudio y conocimiento de los meteoritos puede ser fundamental para la supervivencia de la especie humana.

DR. RICARDO VEGA GRANILLO
 Universidad de Sonora, Departamento de Geología
 Correo: rvega@ciencias.uson.mx

*Autor para correspondencia: Ricardo Vega Granillo
 Correo electrónico: rvega@ciencias.uson.mx
 Recibido: 25 de febrero de 2013
 Aceptado: 22 de abril de 2013
 ISSN: 2007-4530





DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS METEORITOS

Un meteorito es un cuerpo extraterrestre que sobrevive a su impacto con la superficie de la Tierra sin ser destruido. Mientras está en el espacio es llamado meteoroide. Cuando entra en la atmósfera, la resistencia del aire causa que la materia del meteorito se caliente y emita luz formando una bola de fuego, también conocida como meteoro o estrella fugaz.

Los meteoritos tradicionalmente se han dividido en dos grandes categorías: 1) Meteoritos no-diferenciados o condritas, y 2) Meteoritos diferenciados que incluyen acondritas, meteoritos de hierro y meteoritos de hierro-roca (1) (Figura 1). Las condritas están formadas por cóndrulos o pequeñas esferas integradas principalmente por silicatos, son muy antiguas y se formaron antes de que existiera el sistema solar, al juntarse polvo y granos de una nebulosa primitiva que originó a los asteroides. Se estima que estas rocas forman un 86% de los meteoritos que han caído en la Tierra. Las acondritas son materiales provenientes de asteroides o planetas en los que ya existía una separación o diferenciación de los elementos químicos y que, en consecuencia, estaban formados por corteza y núcleo. Estos meteoritos más evolucionados forman un 8% de los que han impactado en la Tierra. Los meteoritos de hierro están compuestos en su mayoría por una aleación de hierro-níquel y constituyen el 5% de los meteoritos; y los meteoritos de hierro-roca que contienen cantidades grandes tanto de material rocoso como metálico, son los más raros y sólo constituyen el 1% de los detectados en la Tierra (2). La clasificación más moderna de los meteoritos los divide en grupos de acuerdo a su composición química y mineralógica, así como por su estructura.



Figura 1. Clasificación primaria de los meteoritos.

EFFECTOS DE LA CAÍDA DE METEORITOS

La gran mayoría de los meteoros son cuerpos del tamaño de un grano de arena y cuando entran en la atmósfera sus átomos se vaporizan, chocando entre sí y contra los átomos de la atmósfera, produciendo la luz que vemos en las llamadas estrellas fugaces. En cuerpos mayores, como de 10 centímetros a algunos metros, la visibilidad se debe al calor producido por la presión del objeto en los átomos del aire. Este aire comprimido se calienta y entonces



calienta los átomos del meteorito. La gran mayoría de los meteoros se agotan o desintegran por el calor antes de tocar la superficie de la Tierra, pero algunos alcanzan a llegar hasta ella derivando en un meteorito. Esto depende de su tamaño, su estructura y su velocidad. Entre mayor es el tamaño, más probabilidades tendrán de sobrevivir, si tienen una estructura débil se fragmentarán y cada fragmento se desprenderá más fácilmente, pero si son muy veloces, la intensidad del desgaste en la atmósfera será mayor y tenderán a consumirse.

Aproximadamente 500 meteoritos cuyo tamaño varía desde el de un frijol hasta pelotas de basquetbol alcanzan la superficie de la Tierra cada año, y algunos pueden ser mucho mayores. Los grandes meteoritos pueden golpear a la Tierra con una fuerza considerable, produciendo un cráter de impacto. La clase de cráter dependerá del tamaño del meteorito, de su composición y del ángulo de entrada. La fuerza de la colisión de un meteorito puede producir una destrucción amplia. A lo largo de la historia se ha registrado un daño ocasional a viviendas, ganado y aun a personas, como es el caso del meteorito de Cheliábinsk que recientemente explotó y se fragmentó en los cielos de Rusia. En el caso de fragmentos de cometas, los cuales están compuestos principalmente de hielo, puede ocurrir un daño considerable, aunque en ese caso, no sobreviva ningún fragmento del meteorito original. Por ejemplo, en Rusia se produjo un impacto de este tipo en la región de Tunguska.

El evento en Tunguska fue una explosión natural que ocurrió en una región desolada de Siberia en 1908. Se considera que la explosión fue probablemente producida por la onda expansiva de un cometa que explotó entre 6 a 10 km sobre la superficie de la Tierra. La energía de la explosión fue posteriormente estimada como la de una bomba de TNT de 10 a 15 megatonnes (3). Se estima que la explosión causó la caída de 80 millones de árboles en una superficie de 2,150 km². El evento de Tunguska es una demostración histórica de que un evento catastrófico para la humanidad es una posibilidad real.

Los cráteres de impacto conocidos presentan una depresión o hundimiento de forma circular u ovalada. En la Tierra, la mayoría de los cráteres de impacto más antiguos han desaparecido casi en su totalidad, aunque todavía persisten huellas de algunos de ellos. La erosión por el agua y el viento, los depósitos de arena, el suelo transportado por el viento o el agua y los flujos de lava, tienden a oscurecer y ocultar estos cráteres. Por otra parte, en la Luna podemos observar numerosos impactos de meteoros, algunos tan grandes que son visibles a simple vista. Sin embargo, en nuestro planeta aún queda alguna evidencia de los grandes impactos de los cuales se han reconocido alrededor de 183 (*Earth Impact Database, University of New Brunswick*).

Un objeto que cae a la Tierra desde el espacio avanza a una velocidad mínima de unos 12 km cada segundo. Debido a que la energía de un objeto depende de su velocidad, un

objeto muy grande viajando a tal velocidad puede producir explosiones que se parecen a las explosiones nucleares. Los aparatos que detectan las ondas sísmicas registran casi cada año un impacto multikilotón en la Tierra, usualmente dicho impacto ocurre en algún océano.

Cuando el objeto golpea, puede desintegrarse totalmente y los fragmentos, mezclados con los de la roca donde impactó, son arrojados hacia fuera, produciendo el cráter. Fragmentos del impacto y de la roca impactada llegan a derretirse y luego, ya enfriados, pueden encontrarse alrededor de algunos cráteres de impacto en forma de pequeñas bolas de vidrio a las que se les llama tectitas. Partículas del meteorito del tamaño de polvo pueden persistir en la atmósfera por varios meses. Esas partículas pueden afectar el clima, mediante la dispersión de la radiación solar y por reacciones químicas en la atmósfera superior.

METEORITOS Y SU REGISTRO GEOLÓGICO

Daniel Barringer, que vivió entre 1860 y 1929, fue uno de los primeros en identificar una estructura geológica como un cráter de impacto (4). El cráter estudiado por este investigador se encuentra en Arizona, al sureste de la ciudad de Flagstaff y es llamado "Cráter Meteórico Barringer" o 'Cráter Meteoro'. En su tiempo, sus ideas no fueron muy aceptadas, y cuando lo fueron, no se reconoció el hecho de que los impactos en la Tierra eran comunes

considerando la edad del planeta y su registro geológico.

En 1920 el geólogo americano Walter Bucher estudió numerosos cráteres en los Estados Unidos y concluyó que habían sido creados por grandes eventos explosivos, pero creía que habían resultado de explosiones volcánicas. Sin embargo, los geólogos John Boon y Claude Albritton, que revisaron los estudios de Bucher concluyeron que los cráteres eran probablemente resultado de impactos meteóricos. El asunto permaneció más o menos como una especulación hasta los sesentas, cuando numerosos investigadores, entre los que destaca Eugenio Shoemaker, hicieron estudios detallados de los cráteres y aportaron una evidencia clara de que habían sido originados por impactos, identificando los productos que solamente se asocian con impactos, entre los que destaca la presencia en la superficie de una variedad de sílice llamada coesita, que sólo se produce bajo muy altas presiones (a más de 80 km de profundidad). Aun así, su trabajo fue discutido y atacado, sin embargo, los aterrizajes del Apolo en la Luna, aportaron evidencia de que los numerosos cráteres visibles en ella eran también producto de impactos meteóricos. Debido a que en la Luna los procesos de erosión son mínimos, los cráteres han persistido casi de manera indefinida. Por lo tanto, era de esperarse que la Tierra tuviera al menos la misma proporción de impactos que la Luna, volviéndose claro que nuestro planeta había sufrido muchos más impactos de los que se pueden observar actualmente en su superficie.





METEORITOS Y EXTINCCIONES MASIVAS

En 1980, un equipo de investigadores dirigidos por el físico Luis Álvarez y su hijo el geólogo Walter Álvarez (5), estudiaban rocas sedimentarias en el límite entre los periodos Cretácico y Terciario (límite KT), el cual se ubica hace unos 65 millones de años. Estos dos periodos dividen dos eras principales de la Tierra: la Mesozoica y la Cenozoica, en la que nos hallamos. La separación de estas eras se basa en un cambio global de los organismos de la Tierra, tanto plantas como animales, incluyendo a los microorganismos marinos. Este cambio está marcado por una extinción masiva de especies. Más del 75% de las plantas y animales perecieron, incluyendo a los dinosaurios.

Álvarez y sus colaboradores encontraron en el límite entre el Cretácico y el Terciario (límite KT) una pequeña capa, como de un centímetro de espesor, con una concentración del elemento Iridio cientos de veces más grande que lo normal (6). Debido a que este elemento es común en muchos asteroides, los investigadores propusieron que esta capa estaba relacionada con el impacto de un asteroide (5). Supusieron que el impacto del asteroide provocó su fragmentación y conversión en polvo, dicho polvo ascendería a la atmósfera y luego caería como una lluvia fina, depositando la capa. A partir de la cantidad de Iridio presente en el límite KT, los investigadores estimaron que un asteroide de 10 a 14 km de diámetro había colisionado con la Tierra. Esas primeras publicaciones impulsaron la investigación en otras partes del mundo. Así, la capa rica en Iridio se ha encontrado en más de cien sitios distintos por todo el mundo. Una prueba más de que esta capa provenía de un impacto es que contiene coesita, forma de silicio creada sólo a enormes presiones.

La explosión que resultó del impacto de tan gran meteoro debió ser cientos de millones de veces más devastadora que la de las armas nucleares más poderosas

que se han explotado. Pudo haber producido un huracán de furia inimaginable y haber lanzado cantidades masivas de polvo y vapor en la atmósfera superior y aún al espacio, formando una tormenta de fuego global, cuando los fragmentos incendiados de la explosión cayeron de regreso a la Tierra. También pudo producir una nube de polvo que envolvió al mundo tapando la luz solar por meses, lo que debió traer como consecuencia una disminución de la fotosíntesis afectando así las cadenas alimenticias, incluso las del fitoplancton marino, de las cuales los dinosaurios eran el último eslabón.

Un problema de la hipótesis de Álvarez y otros (5, 6) fue que no se había encontrado un cráter que coincidiera con ese evento de fines del Mesozoico. En 1978, investigadores que trabajaban para PEMEX, descubrieron mediante estudios geofísicos, una enorme estructura circular de casi 180 km de diámetro (7). La mitad de dicha estructura se encuentra en la parte norte de la Península de Yucatán (Figura 2), la otra mitad debajo del mar y su centro es cercano al poblado de Chicxulub. Los investigadores presentaron un reporte en una conferencia, pero fue poco atendido debido a que Yucatán está formado por rocas relativamente recientes las cuales cubren de forma más o menos horizontal a las rocas más antiguas, por lo tanto, no era posible tener una evidencia directa del impacto meteórico. Por esta razón, los investigadores buscaron muestras de un antiguo barreno de PEMEX y hallaron rocas que exhiben claras evidencias del impacto (8). En 1995 otros profesionistas que estudiaron imágenes de satélite pudieron descubrir una serie de cenotes o hundimientos de las rocas superficiales, que en la superficie seguían el contorno de la estructura a profundidad y consideraron que ocurrieron por el hundimiento de las paredes del cráter (9). Pudo entonces establecerse que el cráter tenía un diámetro total de cerca de 180 km.



Figura 2. Ubicación del impacto meteórico en Chicxulub.



Muchos estudiosos de la vida antigua de la Tierra o paleontólogos están de acuerdo en que un asteroide golpeó al planeta hace unos 65 millones de años, pero muchos no están de acuerdo en que dicho impacto haya sido la única causa de las extinciones. La edad del cráter de Chicxulub se ha establecido en unos 300,000 años antes del límite entre las eras Mesozoica y Cenozoica (10). Este hallazgo sugiere que uno o varios impactos pudieron contribuir, aunque no causar directamente la extinción masiva ocurrida a fines de la Era Mesozoica.

REFLEXIÓN FINAL

Al principio del nacimiento de la Geología como una ciencia, a mediados del siglo XVII, había una discusión filosófica acerca de la formación de la Tierra. Una hipótesis proponía que se había formado por una serie de grandes catástrofes, mientras que otra proponía que se debía a procesos normales, que actúan hoy y han actuado de igual modo, a través de miles de millones de años, a esta última teoría se le llama Uniformitarismo. Considerando el impacto de grandes meteoritos y el registro geológico, se puede pensar que ambas teorías actúan de manera conjunta. La verdad es que los impactos meteóricos pueden visualizarse desde el punto de vista uniformitarista como algo que ha ocurrido a través de la historia planetaria y seguirá ocurriendo en el futuro, lo que nos obliga a estar prevenidos y ampliar la investigación para preveer posibles impactos.

BIBLIOGRAFÍA

1) Mason, B. (1967). *Meteorites*. American Scientist, 55: 429–455.

- 2) Dunn, M.G. (Ed.). (1993). *Exploring Your World: The Adventure of Geography*. Washington, D.C.: National Geographic Society.
- 3) Ben-Menahem, A. (1975). *Source parameters of the Siberia explosion of June 30, 1908, from analysis and synthesis of seismic signals at four stations*. Physics of the Earth and Planetary Interiors, v. 11, 1-35.
- 4) Barringer, D.M. (1906). *Coon Mountain and its Crater*. Proceedings of the Academy of Natural Science of Philadelphia, 57:861-886.
- 5) Álvarez, A., Álvarez, L.W., Asaro, F. y Michel, H.V. (1980). *Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction: Experimental results and theoretical interpretation*. Science, v. 208, p. 1095-1108.
- 6) Álvarez, A., Álvarez, L.W., Asaro, F., y Michel, H.V. (1979). *Anomalous iridium levels at the Cretaceous/Tertiary boundary at Gubbio, Italy: Negative results of tests for a supernova origin*. En Christensen, W.K., y Birkelund, T. (Eds.). Cretaceous/Tertiary Boundary Events Symposium, University of Copenhagen, v. 2, p. 69.
- 7) Penfield, G.T., y Camargo, Z.A. (1981). *Definition of a major igneous zone in the central Yucatan platform with aeromagnetism and gravity*. En Technical program, abstracts and biographies (Society of Exploration Geophysicists 51st annual international meeting): Los Angeles, Society of Exploration Geophysicists, p. 37.
- 8) Hildebrand, A.R., Penfield, G.T., Kring, D.A., Pilkington, M., Camargo, A.Z., y Jacobsen, W.V. (1991). *Chicxulub Crater: A possible Cretaceous/Tertiary boundary impact crater on the Yucatan Peninsula, México*, Geology, v. 19, 867-871.
- 9) Perry, E., Marin, L., McClain, J. y Velazquez, G. (1995). *Ring of Cenotes (sinkholes), northwest Yucatan, Mexico: Its hydrogeologic characteristics and possible association with the Chicxulub impact crater*. Geology, v. 23 no. 1, p. 17-20.
- 10) Keller, G., Adatte, T., Stinnesbeck, W., Rebolledo-Vieyra, M., Urrutia Fucugauchi, J., Kramar, U., y Stüben, D. (2004). *Chicxulub impact predates the K-T boundary mass extinction*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 101, no. 11, 3753–3758.