

El impacto de pequeños asteroides contra la Tierra

¿Cuánto nos protege la atmósfera de la caída de cuerpos rocosos provenientes del espacio? Nuevos modelos permiten estudiar aquellas excepciones que podrían suponer un riesgo a escala local

JOSEP M. TRIGO RODRÍGUEZ Y MANUEL MORENO IBÁÑEZ

Hace tiempo que los expertos dedican grandes esfuerzos a prever el impacto de asteroides contra nuestro planeta. En los últimos años, los diferentes programas de seguimiento han detectado 1608 asteroides potencialmente peligrosos (PHA, por sus siglas en inglés), 154 de los cuales presentan un diámetro superior al kilómetro. Además del seguimiento de tales objetos, otro reto consiste en monitorizar grandes bólidos meteoríticos para identificar y cuantificar el peligro asociado a sus fragmentos. La Unión Astronómica Internacional denomina a estas rocas «meteoroides», las cuales tienen, por definición, un diámetro máximo de diez metros (aquellas mayores siguen llamándose

asteroides). Por lo general, la atmósfera terrestre actúa como un eficiente escudo protector contra pequeños asteroides. Sin embargo, en ocasiones estos cuerpos logran abrirse paso hasta la superficie terrestre, llegando incluso a excavar un cráter. El 15 de septiembre de 2007, por ejemplo, una roca de al menos tres metros de diámetro cayó en la región de Carancas, en Perú, donde excavó un cráter de casi 15 metros.

Desde nuestro grupo de investigación en el Instituto de Ciencias del Espacio, en Barcelona, contribuimos al seguimiento de asteroides potencialmente peligrosos y coordinamos esfuerzos para estudiar el riesgo asociado al impacto de cuerpos me-

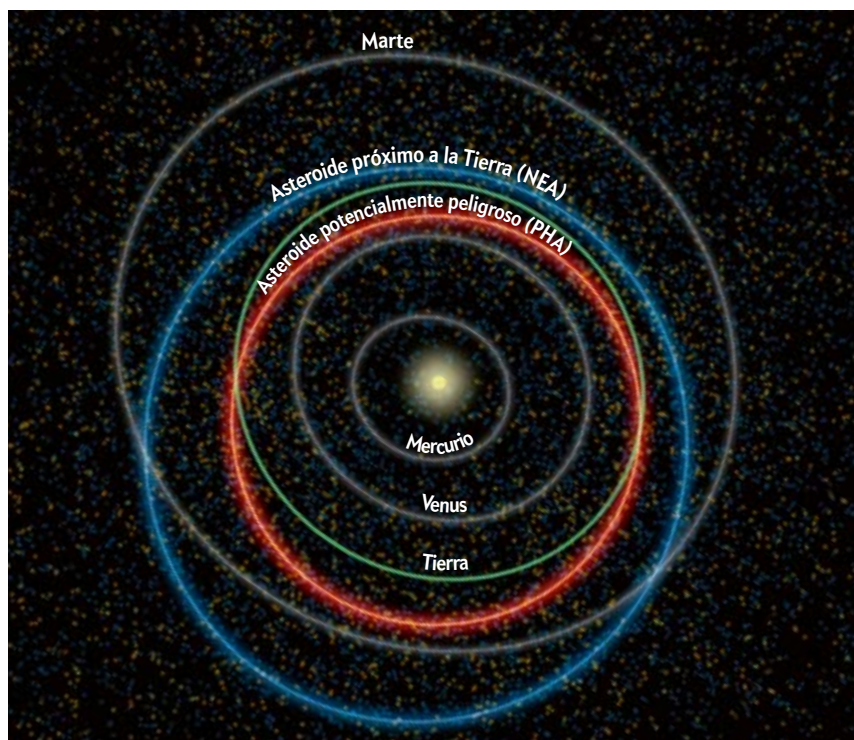
nores. Un campo de creciente interés persigue establecer una relación entre estas rocas y los asteroides próximos a la Tierra (NEA). Sin embargo, tales asociaciones no resultan fáciles de obtener, ya que los objetos de menor tamaño se encuentran sometidos a todo tipo de procesos que desestabilizan sus órbitas.

A pesar de todo, hace poco descubrimos que el meteorito Annama, caído el 19 de abril de 2014 en la península de Kola, en Rusia, presentaba una órbita asociada a 2014 UR116, un asteroide potencialmente peligroso de unos 400 metros de diámetro. Con anterioridad, y a partir de estudios realizados desde la Red Española de Investigación sobre Bólidos y Meteoritos (www.spmn.uji.es), habíamos encontrado un vínculo entre meteoroides registrados en su fase de bólido (el momento en que entran en la atmósfera y generan un rastro brillante) y varios asteroides, como el potencialmente peligroso 2002 NY40, de unos 800 metros de diámetro.

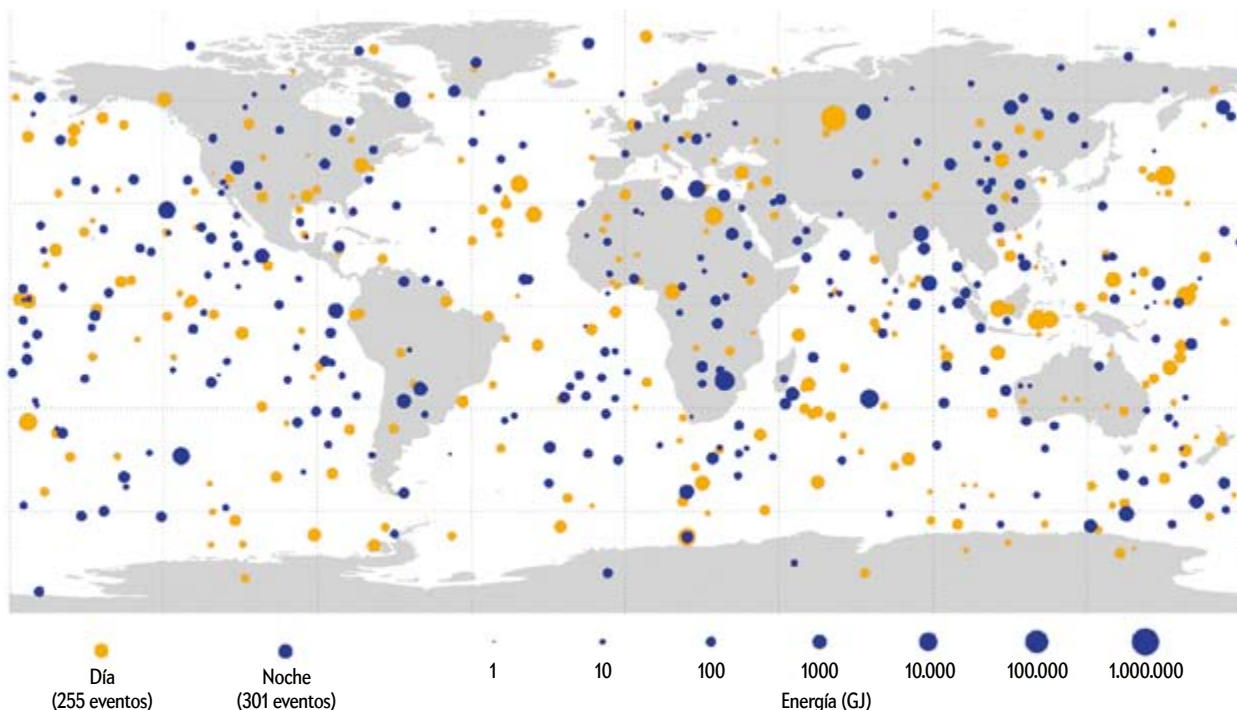
Cuantificar el riesgo

La existencia de tales asociaciones sugiere que el origen de estos objetos menores podría hallarse en fragmentaciones ocurridas durante la aproximación de algunos asteroides a los planetas interiores del sistema solar. De hecho, la caída el 15 de febrero de 2013 del meteorito de Cheliábinsk, producido por un asteroide de unos 18 metros de diámetro, coincidió temporalmente con la aproximación a la Tierra del asteroide cercano 2012 DA14. Aunque los dos objetos seguían órbitas muy diferentes, ¿pudieron ambos ser fruto de un encuentro cercano previo, en el que un asteroide mayor se desgajó en varios fragmentos?

Se antoja difícil demostrar tal hipótesis a partir de la simulación de las múltiples posibilidades. Pero, dado que numerosos NEA presentan una estructura de «pila de escombros», sí parece posible que la acción diferencial de un campo gravitatorio sea capaz de disgregarlos. Además, se han descubierto varios asteroides cuya rápida



VECINOS INQUIETANTES: Algunos asteroides orbitan más cerca de la Tierra de lo que nos gustaría. Esta imagen muestra la trayectoria típica de un asteroide cercano a la Tierra (NEA, azul) y la de uno potencialmente peligroso (PHA, rojo). Hasta la fecha se han detectado más de 1600 de estos últimos. Además del riesgo de colisión contra ellos, sus fragmentos también representan un peligro potencial.



LLUVIA PERSISTENTE: Localización de la entrada atmosférica de pequeños asteroides (de entre 1 y 20 metros de diámetro) registrados entre 1994 y 2013. El color de cada evento indica cuándo se produjo; el tamaño, la energía óptica radiada en gigajulios (GJ); la bomba atómica que cayó sobre Hiroshima liberó una energía de unos 63.000 GJ). Los datos suponen una media de unos 28 impactos al año.

rotación los pone en el límite de ruptura, lo que también incrementaría la frecuencia de impacto contra la Tierra de objetos de pocas decenas de metros. En todo caso, fuese cual fuese el origen del meteorito de Cheliabinsk, el evento ejemplifica con claridad el peligro local que suponen la onda de choque y la radiación de un superbólido. Aunque el objeto explotó a una altitud de unos 30 kilómetros y la nube de gas y polvo penetró en la atmósfera hasta una altitud de unos 26 kilómetros, la energía liberada, equivalente a la de varias bombas atómicas, provocó cuantiosos daños materiales en un área de cientos de kilómetros cuadrados.

Así pues, parece necesario desarrollar herramientas para predecir el grado de profundización de estos objetos en la atmósfera y evaluar, con la mayor exactitud posible, el riesgo que conllevan. Hace poco, junto con María I. Gritsevich, del Instituto Finlandés de Investigación Geoespacial y la Academia Rusa de las Ciencias, hemos logrado ajustar un sistema de ecuaciones diferenciales dependiente de dos parámetros adimensionales (relacionados con las dimensiones del objeto, su velocidad de entrada y otras características físicas), el cual permite predecir la altitud a la que estos meteoroides profundizarán en la atmósfera.

Nuestro trabajo, que apareció publicado a principios de este año en la revista *Icarus*, comparaba las predicciones del modelo con las trayectorias de decenas de «bolas de fuego» incluidas en la red fotográfica MORP, la cual monitorizó el flujo de bólidos sobre Canadá entre 1970 y 1985. Las predicciones muestran un acuerdo excelente con los datos empíricos, algo nunca logrado con anterioridad. Tales resultados suponen un paso adelante en la descripción del proceso de deceleración de meteoroides en la atmósfera.

El modelo permite también obtener otras características sobre el objeto que se desea estudiar. El calentamiento que este sufre debido a la fricción con la atmósfera hace que sus capas exteriores se fundan y se evaporen durante la fase conocida como «ablación», la cual origina la bola de fuego y causa la progresiva pérdida de masa que experimenta la roca. A partir del coeficiente de ablación (un parámetro que caracteriza el proceso), resulta posible determinar otros datos de gran relevancia, como la masa perdida por el meteoroides en su deceleración atmosférica o su composición aproximada.

Por más que la dinámica del vuelo atmosférico de estas rocas revista gran complejidad, estamos cada vez más cerca de conseguir un modelo que recree con

exactitud su proceso de entrada. Esperamos que, en un futuro cercano, estos avances permitan predecir y cuantificar con mayor detalle el riesgo asociado a estos temibles proyectiles.

—Josep M. Trigo Rodríguez
y Manuel Moreno Ibáñez
Instituto de Ciencias del Espacio (CSIC)
e Instituto de Estudios Espaciales
de Cataluña

PARA SABER MÁS

Asteroid 2002NY40 as a source of meteorite-dropping bolides. J.M. Trigo-Rodríguez et al. en *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 382, págs. 1933-1939, 2007.

New methodology to determine the terminal height of a fireball. M. Moreno-Ibáñez, M. Gritsevich y J. M. Trigo-Rodríguez en *Icarus*, vol. 250, págs. 544-552, 2015.

Orbit and dynamic origin of the recently recovered Annama's H5 chondrite. J. M. Trigo-Rodríguez et al. en *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 449, págs. 2119-2127, 2015.

EN NUESTRO ARCHIVO

Asteroides y cometas como amenaza para la Tierra. A. Carusi en *IyC*, septiembre de 1995.

El misterio de Tunguska. L. Gasperini, E. Bonatti y G. Longo en *IyC*, septiembre de 2008.