

## Amenazas del Cielo

Ángel Rafael López Sánchez

La contemplación del cielo estrellado siempre provoca reflexión. Todas las culturas antiguas observaban el cielo para encontrar respuestas a los quehaceres de su vida cotidiana. Esa gigantesca bóveda que era el firmamento estaba repleta de una inmensa cantidad de pequeñas luces que salían por el Este y se ponían por el Oeste, siempre a las mismas distancias relativas unas de otras. Esto no ocurría con las *estrellas errantes*, o planetas, que recorrían el cielo con movimientos caprichosos. El Sol aportaba la luz y el calor. Y la enigmática Luna cambiaba de forma. Existía un orden establecido. El calendario se fue desarrollando como útil herramienta para controlar el paso de las estaciones, y surgió una astrología que relacionara el mundo celestial con el terrenal. Nuestra vida diaria sigue manteniendo reminiscencias de esas creencias míticas asociadas a los cielos.

A veces ocurrían fenómenos impredecibles que se asociaban inmediatamente a desgracias y calamidades. Durante un eclipse total de Sol, el dios lunar devoraba al supremo dios solar. Otras veces era la propia Luna la que se oscurecía de color rojo. Hoy día sabemos predecir cuándo se producirán y cómo ocurren estas alineaciones entre el sistema Sol-Tierra-Luna. El Sol es 400 veces más grande que nuestro satélite pero está 400 veces más lejos, por lo que ambos cuerpos tienen el mismo tamaño aparente. El único peligro al observar un eclipse solar, el mismo que observar el Sol en cualquier otro momento, es que nuestra vista puede dañarse seriamente si no tomamos precauciones.

Como parte de la astrología, las alineaciones planetarias también profetizaban sucesos futuros, aunque no todas vaticinaban malos augurios. Algunos estudiosos creen que una conjunción entre Júpiter (rey de los planetas) y Saturno (que simbolizaba el tiempo y la justicia) en la constelación de Piscis (asociada a los hebreos) en el año -7 a.C. habría puesto en aviso a los Reyes Magos del nacimiento de Jesús. Como los eclipses, conocemos exactamente cuándo se producirán, siendo esperadas con impaciencia por astrónomos aficionados. El temor hacia eclipses y conjunciones no tiene ningún fundamento científico y no deja de ser una superstición sin sentido.

Podemos clasificar los eclipses y las conjunciones como *amenazas ficticias* porque no representan ningún peligro real sobre nosotros. Podríamos añadir a este conjunto las "*fechas mágicas*" del calendario, aquellas con supuesto contenido esotérico. En la antigua Edad Media, el año 1000 fue temido por la cristiandad por creerse el inicio del Apocalipsis. En 2000 todos *sufrimos* con la histeria colectiva del "*fin del milenio y la entrada en la era de acuario*" que repetían insistentemente chamanes y brujas. Pero el calendario sólo indica el paso del tiempo, adaptado a los movimientos de rotación y traslación terrestres. Nuestro calendario grecorromano no se corresponde con el judío o el musulmán, y aunque pensemos que tiene como referencia el nacimiento de

Cristo, podemos asegurar que esto no ocurrió en el *momento cero* porque no existe año cero (se pasa del 1 a.C. al 1 d.C.), además de los errores de fechas cometidos al confeccionarlo. Aunque parte de la Astronomía se ha desarrollado gracias al intento de comprender el paso del tiempo ajustándolo al Sol, la Luna y las estrellas e incluso grandes debates ecuménicos, como el establecimiento de la primera luna llena después del equinoccio de primavera (momento de la Pascua judía), han tenido base astronómica, siguen siendo sólo números. ¿Qué hace especial el número 2000 sobre 2003? Sólo nuestras creencias religiosas y míticas, a las que nosotros mismos damos la importancia que no tienen.

Pero no debemos bajar la guardia. Realmente sí existen amenazas sobre nuestro planeta, y la vida en él. El Sistema Solar está repleto de pequeños cuerpos, asteroides y cometas, que suponen un peligro potencial: pueden chocar con la Tierra.

### **Los cometas: vagabundos del espacio**

Desde épocas muy antiguas se ha registrado la aparición de *cometas*. En muchas culturas también fueron mensajeros de malos augurios, conociéndose innumerables referencias históricas de ellos. En el Tapiz de Bayeux, que conmemora la conquista normanda de Inglaterra, se muestra al rey Harold contemplando el cometa de 1066 antes de ser derrotado. Este cometa era el Halley, del que se tiene constancia desde 468 a.C. En el siglo XIV, el pintor italiano Giotto di Bondone representó la estrella de Belén como un cometa en su afamado cuadro *La Adoración de los Reyes Magos*, quizá inspirándose en la aparición del Halley de 1301. En el siglo XVII, el famoso astrónomo Hevelius recopiló en su obra *Cometographia* las formas cometarias, pero no fue hasta 1705 cuando Halley, habiendo observado el cometa en 1682, predice en su obra *Astronomiae Cometicae Synopsys* su retorno para 1758. A finales del siglo XVIII, Messier recopiló un catálogo de objetos nebulares para no confundirlos con nuevos cometas. En 1910, el Halley pasó muy cerca de la Tierra, provocando una gran alarma social porque se pensaba que la atmósfera se contaminaría por los gases tóxicos liberados de la cola. En 1986 una flotilla de naves se adentraron en la cabellera del Halley, mostrando por primera vez el aspecto de un núcleo cometario. Su próximo regreso será en 2062.

Los cometas son los desechos de la formación del Sistema Solar, creados hace 4500 millones de años en las frías regiones exteriores. Han permanecido inalterados desde entonces, siendo su estudio vital para conocer la formación de nuestro sistema planetario. Son unos diminutos cuerpos irregulares de pocos kilómetros, formados principalmente por gases congelados, predominando el agua, el monóxido de carbono y el cianuro de nitrógeno, además de una gran cantidad de polvo. Al acercarse al Sol, los hielos se subliman, y dan lugar a las espectaculares colas de gas y de polvo y la cabellera que envuelven el núcleo, totalmente inobservable. El primer modelo detallado de los núcleos cometarios fue desarrollado por Whipple en 1951, quien los describe como *bolas de hielo sucio*. El gas emitido en forma de

chorros por la cara iluminada por el Sol arrastra consigo partículas de polvo. Este modelo describe sorprendentemente bien la estructura del núcleo del Halley, analizado con detalle por la sonda Giotto en 1986.

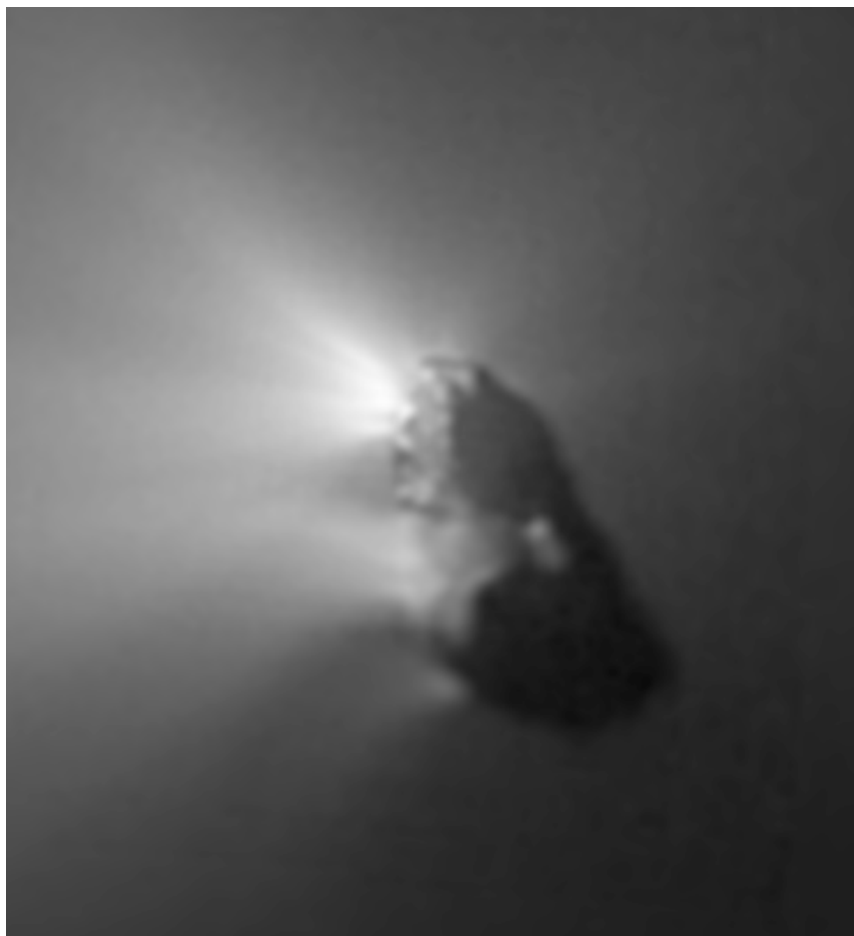


Fig.1: Núcleo del cometa Halley observado por la sonda Giotto en 1986

Dependiendo de su período orbital, los cometas tienen orígenes diferentes. Los de período corto (menos de 200 años), como el Halley, provienen del *cinturón de Kuiper*, localizado más allá de la órbita de Neptuno, entre 30 y 50 UA<sup>1</sup> del Sol. Contiene unos 200 millones de posibles cometas de más de 1 kilómetro de diámetro, que al interactuar entre sí caen al sistema solar interior. Plutón, su luna Caronte y Tritón (el mayor satélite de Neptuno) son los objetos más grandes del cinturón de Kuiper. Se conocen alrededor de 700 de estos cuerpos. El mayor es Quaoar con 1250 kilómetros de diámetro. Por otro lado, los cometas de período largo (más de 200 años), como Hyakutake, provienen de la *nube de Oort*, una región que se extiende de medio año-luz a 3 años-luz del Sol. Contiene 6 trillones de cometas que constituyen los restos de la formación del Sistema Solar.

---

<sup>1</sup> Abreviatura de Unidad Astronómica; 1 UA equivale a la distancia media entre el Sol y la Tierra, unos 150 millones de kilómetros.

## Impactos de cometas

En 1994 se observó directamente el impacto de un cometa sobre un planeta, el gigante gaseoso Júpiter. El cometa había sido descubierto en 1993 y recibió el nombre de *Shoemaker-Levy 9*. Había sido capturado por Júpiter como si de un nuevo satélite se tratase y las fuerzas de mareas del planeta lo habían fragmentado en una veintena de grandes trozos de 0.7 kilómetros de tamaño medio. La trayectoria de este *tren cometario* lo dirigía directamente a colisionar con Júpiter en julio de 1994. Aunque algunos astrofísicos creían que no se podría observar nada (la colisión sucedía 15º detrás del borde del planeta), muchos astrónomos prepararon sus instrumentos *por si acaso*. Así, desde todos los observatorios se pudo recoger el momento de los impactos mayores, y la evolución de las enormes nubes oscuras que salpicaron el hemisferio austral de Júpiter como consecuencia de los choques. Desde el espacio, la sonda Galileo en su camino hacia el planeta (llegaría en 1995) y el Telescopio Espacial Hubble analizaron el acontecimiento. Desde España, tanto en los observatorios de Canarias como en Calar Alto se recopilaban infinidad de imágenes. Incluso los astrónomos aficionados con pequeños telescopios fueron capaces de distinguir las nubes oscuras. Los efectos de la colisión perduraron durante meses, rompiéndose por las fuerzas de los vientos de la atmósfera joviana, y formando una nueva banda oscura que desapareció al año. Se aprendió mucho de la física de los impactos, al observarse que la energía liberada en la colisión era mucho mayor de la que se había estimado. Pero, sobre todo, pudimos constatar que las colisiones en el Sistema Solar, aunque son raras, realmente ocurren.

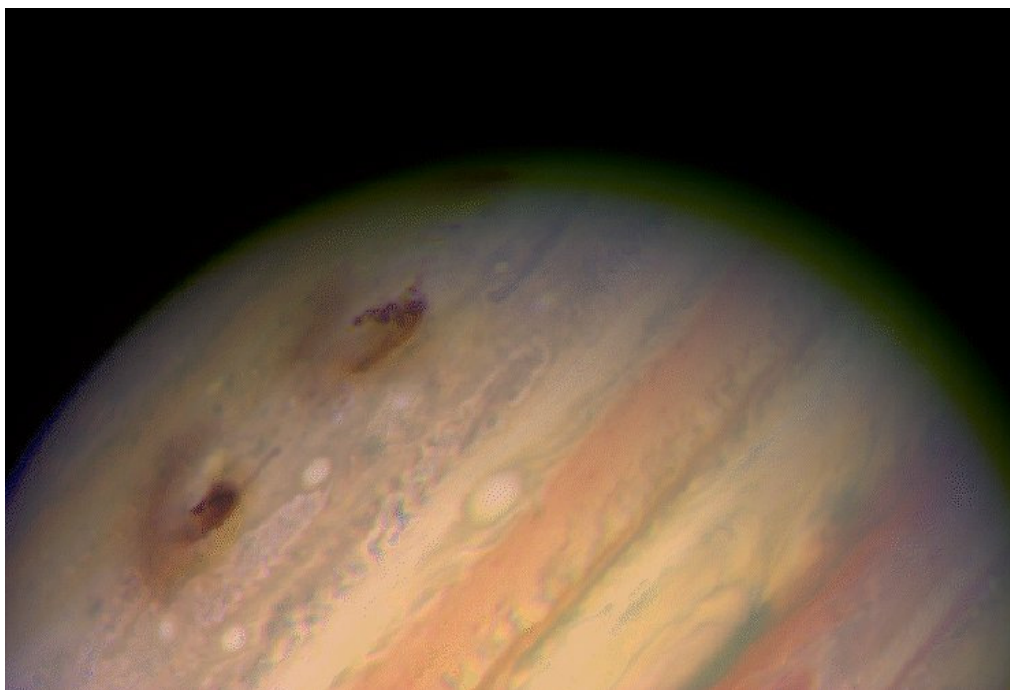


Fig. 2: Imagen del Telescopio Espacial Hubble de los impactos de los fragmentos G2 (derecha) y Q (izquierda) del cometa Shoemaker-Levy 9 con Júpiter en julio de 1994.

¿Se tiene constancia de que un cometa haya golpeado a nuestro planeta? El caso más revelador sucedió en Tunguska, en la Siberia central rusa, en 1908. Se observó una gran bola de fuego, con brillo similar al Sol, que explotó con una potencia equivalente a 1.000 bombas de Hiroshima, creando una ráfaga de fuego de 800 km de longitud. No se encontró ningún cráter, sino un inmenso pantanal con todos los árboles arrancados en forma radial dentro de un anillo de 65 km, y tampoco se hallaron restos meteoríticos. Se cree que fue un cuerpo cometario de 60 m de diámetro que estalló en el aire entre 5 y 8 km. de altura. Si en lugar de producirse en esta zona desierta hubiera sucedido en un lugar habitado las consecuencias habrían sido letales: habría aniquilado la población de una región entera.

## Meteoritos

No es lo mismo un *meteoro* que un *meteorito*. Un *meteoro* es un trazo fugaz en el cielo provocado por la entrada de granos de polvo en la atmósfera. Estos granos, con tamaños de pocas milésimas de milímetro, excitan el gas circundante produciendo el fenómeno luminoso llamado "*estrella fugaz*". En muchas ocasiones provienen del polvo liberado por un cometa, originando las famosas *lluvias de estrellas*. Si el objeto es lo suficientemente grande como para alcanzar el suelo y es recogido se le denomina *meteorito*. No es extraño el hallazgo de meteoritos. La Tierra se encuentra continuamente con pequeños fragmentos de asteroides que entran en la atmósfera y llegan a impactar en el suelo. Cada año caen sobre nuestro planeta unos 26.000 meteoritos de masa mayor que 100 gramos, aunque sólo el 30% cae sobre tierra firme. Proporcionan información vital sobre la composición de los asteroides y ayudan a entender la formación de los planetas. Se ha demostrado la procedencia extraterrestre de alrededor de 4.700 meteoritos, de los cuales la tercera parte fueron recuperados tras observar su caída. Los meteoritos se clasifican en tres grandes grupos: *polvo interplanetario (micrometeoritos)*, que provienen principalmente de asteroides y cometas y del que recibimos varias toneladas al mes; meteoritos *asteroidales*, que se subdividen en *lititos o aerolitos* (formados principalmente de piedra), *sideritos* (de metales, predominando el hierro) , y *siderolitos* (mezcla de ambos tipos); y meteoritos de tipo *planetario*, procedentes de planetas rocosos. El más famoso de ellos es ALH84001, que proviene de Marte, y en cuyo interior se encontraron restos de lo que podrían haber sido bacterias, aunque esto aún no se ha podido confirmar.

Mercurio, Marte, la Luna y la mayoría de los satélites de nuestro sistema planetario poseen cantidad de cráteres de impacto, pruebas irrefutables de que la actividad meteorítica ha sido constante durante la evolución del Sistema Solar y aún no ha cesado. En la Tierra se han identificado 150 cráteres de impacto con tamaños entre decenas de metros y 180 km. El más espectacular es el *Cráter Meteoro* en Arizona, con 1.300 m de diámetro, 175 m de profundidad, y sólo unos 25.000 años de antigüedad. Los cráteres de impacto no son tan evidentes en nuestro planeta porque la Tierra cuenta con el potente mecanismo de las placas tectónicas que en varios cientos de millones de años

renueva completamente la superficie, acción combinada con los efectos de la erosión, la vegetación y los océanos.

Tenemos algunos indicios históricos de posibles choques de cuerpos con la Luna. Hasta hace poco se pensaba que el cráter Giordano Bruno se formó en el siglo XII, y que el suceso fue observado por los monjes del monasterio de Canterbury. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que aquella colisión habría liberado 10 millones de toneladas de materia, produciéndose una lluvia de estrellas de 50.000 meteoros a la hora; esto no se observó. En la lluvia de estrellas de las Leonidas de 1999 y 2001 sí se registraron impactos en la zona de la Luna no iluminada por el Sol. Los modelos de formación del sistema Tierra-Luna sugieren que fue el choque de un asteroide con un tercio del tamaño lunar lo que originó nuestro satélite cuando la Tierra aún no había terminado de formarse.

### **Extinciones masivas: ¿consecuencias de choques de asteroides?**

La extinción de los dinosaurios pudo haber sido provocada por el choque de un asteroide. Los primeros indicios serios de esta idea fueron proporcionados por el equipo formado por Luis y Walter Álvarez, quienes en 1980 encontraron evidencias de iridio, un material raro en la Tierra, en los registros estratigráficos que separaban el cretácico (última era geológica en la que se encuentran fósiles de dinosaurio) del terciario. Este impacto, acaecido hace 65 millones de años, podría estar asociado a la desaparición brusca del 70% de las especies terrestres. En 1991 se descubrió, enterrado bajo una gruesa capa de sedimentos, un cráter de 180 kilómetros de longitud en la península del Yucatán, que fue llamado de *Chicxulub*. Los estudios revelaron que fue producido hace 65 millones de años por un cuerpo de 10 kilómetros de diámetro, liberando la energía de cinco mil millones de bombas atómicas de Hiroshima: ha sido asociado con la gran extinción masiva a finales del cretácico.

La colisión de un gran asteroide produciría una intensa mortalidad inmediata por la violencia del impacto, pero también mortíferos serían los efectos a largo plazo debidos a un importante cambio climático global: el polvo eyectado a la atmósfera produciría un enfriamiento del planeta y se entraría en un *invierno nuclear*. La extinción de los dinosaurios ha sido la última de unas 10 extinciones masivas a lo largo de la vida terrestre, como las sucedidas en la frontera entre el jurásico y triásico, entre el pérmico y el triásico (que extinguió a los trilobites), o al final del cámbrico. El estudio de estas extinciones sugería un ciclo de 25-30 millones de años, por lo que se especuló que podía existir una estrella enana compañera del Sol que perturbara la nube de Oort, enviando una gran cantidad de cometas hacia el interior. Pero esta supuesta compañera llamada *Némesis* (como la diosa griega de la venganza) nunca se ha encontrado a pesar de las muchas observaciones minuciosas en su búsqueda. Actualmente, se cree que las grandes perturbaciones en la nube de Oort son debidas al paso del Sistema Solar por las grandes nubes moleculares situadas en el plano de nuestra Galaxia.

Hoy día, el peligro *astronómico* más real para nuestro planeta es la colisión con un cometa o asteroide. Los asteroides son cuerpos diminutos e irregulares con tamaños entre varios metros y los 1.003 km de Ceres. Se localizan fundamentalmente entre las órbitas de Marte y Júpiter. Se formaron en las zonas internas de la nebulosa protosolar, como el resto de los planetas, pero la fuerza de gravedad del futuro Júpiter provocó que sus choques mutuos fueran tan violentos que no se llegaron a unir para formar un único cuerpo. Hay más de 13.000 asteroides catalogados con órbitas definidas, pero se descubren unos 130 más cada mes. Los más pequeños son los más numerosos, desconociéndose el número total de ellos que realmente existen. Hay catalogados más de 2.250 asteroides potencialmente peligrosos para la Tierra que reciben el nombre de NEOs (*Near Earth Objects*) y cuya localización, clasificación e identificación es de enorme importancia para el futuro.

### La búsqueda de NEOs

Existen varios proyectos internacionales de búsqueda de NEOs. El pionero, *Spacewatch*, lo puso en marcha la Universidad de Arizona en 1980 y ha sido líder en descubrimientos. Muy importante es el proyecto *LINEAR*, compuesto de dos telescopios robóticos de última generación dirigidos por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y NASA. Hasta marzo de 2003 ha localizado 951 NEOs y 82 cometas. El Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) de NASA puso en marcha en diciembre de 1995 el proyecto NEAT (*Near Earth Asteroid Tracking*) que usa telescopios de 1.2 metros de diámetro para precisar las órbitas de estos cuerpos. En 1998 la NASA puso en marcha el ambicioso *Spaceguard Survey* con el que se pretende detectar para 2008 el 90% de todos los NEOs mayores de un kilómetro. También es muy importante la contribución de los aficionados. El español Rafael Ferrando fue el primer astrónomo aficionado español en descubrir uno de estos esquivos cuerpos, que pasó a sólo 22 veces la distancia a la Luna el 15 de marzo de 2002.

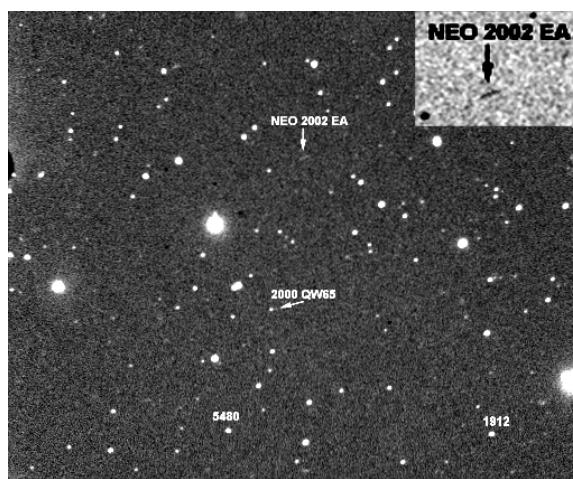


Fig. 3: Imagen del NEO 2002EA descubierto por el astrónomo aficionado español Rafael Ferrando en marzo de 2002

La búsqueda de NEOs ha dado más de un susto porque estudios preliminares de las órbitas indicaban altas probabilidades de colisión. Uno de los más alarmistas fue el caso asteroide 1997 XF<sub>11</sub>: los primeros análisis indicaban que impactaría el 28 de octubre de 2028. Nuevas observaciones demostraron que el asteroide pasaría lejos, aunque aún existe posibilidad de que colisione en 2036. El problema de la determinación de la órbita de cuerpos tan diminutos es que cualquier pequeña perturbación modifica la trayectoria. Se necesitan observaciones continuas durante meses para precisarla con exactitud; pequeños errores se traducen en desplazamientos de millones de kilómetros. Muchos asteroides se pierden porque son tan pequeños que sólo se localizan cuando están muy cercanos, como sucedió con Hermes, que pasó a sólo dos veces la distancia a la Luna en 1937 y desde entonces no se sabe dónde está.

El peligro de colisión con un asteroide no es inminente pero tenemos la certeza de que, en pocos miles de años o menos, alguno volverá a caer. ¿Podríamos hacer algo para evitarlo? Películas como *Meteoro* (1979), o *Deep Impact* y la poco realista *Armageddon* (ambas de 1998) aportan posibles soluciones, como bombardear con misiles el asteroide o introducir en su interior una bomba nuclear. Realmente esto agravaría el problema porque los restos caerían sobre nuestro planeta provocando muchos pequeños cráteres con un elevado nivel de contaminación radioactiva. Los autores de literatura de ciencia ficción, como Clarke (*El martillo de Dios*) o Asimov (*Némesis*) proponen una solución más realista: proporcionar pequeños empujes al cuerpo amenazante para desviarlo de su trayectoria, pero con el inconveniente de que debe efectuarse con años de antelación. Otra alternativa propuesta es taladrar el asteroide sin destruirlo para que la variación de la masa cambie la órbita. Pero hoy día estas soluciones se encuentran fuera de nuestro alcance.

### Referencias y bibliografía de consulta

Clarke, Arthur C. (1993), *El martillo de Dios*. En español, Editorial Ediciones B, colección VIB N° 17-8, 1997

Trigo, Josep M. (1996), *Meteoros: fragmentos de cometas y asteroides*, Editorial Sirius

Sagan, Carl & Druyan, Ann (1986), *El Cometa* Ed. Planeta, 2ª edición

### Información en Internet

Programa NEO: <http://neo.jpl.nasa.gov/index.html>

Meteoritos, Meteoritos e Impactos (en Nine Planets):

<http://seds.lpl.arizona.edu/nineplanets/nineplanets/meteorites.html>