



www.astrosociety.org/uitc

## No. 23 - Spring 1993

© 1993, Astronomical Society of the Pacific, 390 Ashton Avenue, San Francisco, CA 94112

# Colisiones Cósmicas

por Sally Stephens, Astronomical Society of the Pacific

Un astrónomo planetario comparó nuestro sistema solar con una "galería de tiro cósmica", con asteroides y cometas zumbando a través del espacio, ocasionalmente en forma peligrosa cerca de la Tierra. Las superficies de la Luna, de Mercurio y de Marte, con huellas de cráteres, muestran los efectos de las colisiones cósmicas. ¿Qué nos ocurriría si un gran asteroide impactara contra la Tierra?

- [¿Qué mató a los dinosaurios?](#)
- [¿Dónde ocurrió el impacto?](#)
- [¿Podría ocurrir nuevamente una colisión como aquella?](#)
- [¿Hay algo que podamos hacer para prevenir otra gran colisión?](#)
- [¿Qué hay del cometa que se supone golpeará a la Tierra dentro de 130 años?](#)
- [Actividad: Cráteres de Impacto](#)
- [Lecturas adicionales sobre colisiones cósmicas](#)

## ¿Qué mató a los dinosaurios?

En 1980 el físico Luis Alvarez, ganador el Premio Nobel, y su hijo Walter, geólogo, impactaron al mundo científico con su propuesta de que los dinosaurios se extinguieron como resultado del impacto de una enorme roca proveniente del espacio. Encontraron *iridio* en una delgada capa de arcilla que marcaba los límites de los periodos geológicos Cretáceo y Terciario, al mismo tiempo que la extinción de los dinosaurios y el surgimiento de los mamíferos. Debido a que el iridio es raro en la Tierra y muy abundante en rocas del espacio (como por ejemplo en los [meteoritos](#)) elaboraron la teoría de que el iridio provenía de un impacto cósmico.

La mayoría de los científicos ahora están de acuerdo en que hace 65 millones de años un asteroide de 6 millas de ancho que surcaba el espacio a 15 km/seg (9 millas/seg), cien veces más rápido que una bala, golpeó la Tierra. La explosión resultante, con una fuerza de cien millones de millones de toneladas de TNT, arrojó polvo rico en iridio a la atmósfera, ocultando la luz solar por semanas o meses, enfriando el planeta. Lluvia ácida e incendios también siguieron a la colisión. Las plantas murieron, así como los animales que las comían.

## ¿Dónde ocurrió el impacto

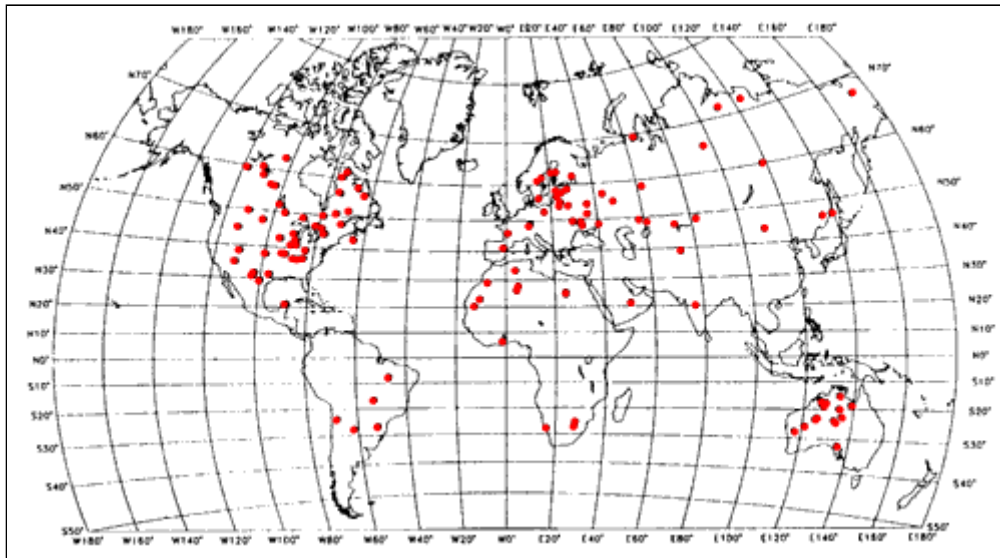
Los científicos han identificado 139 cráteres de impacto distribuidos en la superficie terrestre. La colisión que mató a los dinosaurios debió haber dejado un cráter de cerca de 150 a 200 kilómetros (90 a 120 millas) de diámetro, pero ninguno de los conocidos tiene al mismo tiempo el tamaño y la edad correctos. El análisis del grosor de los depósitos enriquecidos con iridio en diferentes partes del mundo indicó que el asteroide cayó en algún lugar de Norte América. En 1988, la atención se desvió hacia el Caribe. Burdos despojos rocosos, que al parecer

podieron ser depositados por las gigantes olas dispersadas por el impacto, fueron encontrados en diferentes sitios de la costa del golfo en Estados Unidos, incluyendo afloramientos a lo largo del río Brazos en Texas. Entonces se descubrió en Haití, cerca de Beloc, una capa de despojos de 18 pulgadas, llena de pequeñas rocas de vidrio llamadas *tectitas*, formadas por roca derretida arrojada durante el impacto.



El Cráter Meteor, en el norte de Arizona, es uno de los cráteres de impacto más jóvenes en la Tierra. Estudios indican que el cráter se formó hace unos 50,000 años por una masa o masas de hierro viajando a más de 11 kilómetros/segundo (7 millas/seg) y que liberó una energía entre 10 y 20 megatonnes en el impacto. El cráter resultante, en forma de tazón, es de aproximadamente 1 kilómetro de ancho y más de 200 metros (660 pies) de profundidad. Nótese la carretera y el Centro para Visitantes en el extremo izquierdo del borde cráter. (Fotografía por cortesía de Meteor Crater.)

En 1990, los científicos estrecharon la búsqueda a la Península de Yucatán en México. Reportes anteriores de anomalías magnéticas y gravitacionales detectadas por científicos trabajadores de Pemex (la compañía nacional de petróleo en México), revelaron un cráter de impacto de aproximadamente 170 kilómetros (106 millas) de diámetro enterrado como a un kilómetro de profundidad, cerca del poblado de Chicxulub (nombre maya que significa "cola del diablo"). Investigaciones recientes han mostrado que el cráter no pudo haberse formado por la acción de un volcán y que es realmente un cráter de impacto. Otros estudios han encontrado que muestras tomadas en el área durante barrenamientos en 1965 tienen una composición relacionada con la capa gruesa del material expulsado hacia arriba y hacia afuera durante el impacto, el cual fue "salpicado" en el cercano Haití. Muchos científicos están ahora de acuerdo con que el cráter de Chicxulub es el sitio del impacto que eventualmente arrasó con los dinosaurios.



Mapa de los cráteres de impacto identificados en la Tierra. La mayoría de los cráteres están en el rango de tamaño entre 140 y 200 kilómetros (90-120 millas) de diámetro y en edad entre recientes y cerca de dos mil millones de años. La mayor parte de los cráteres han sido identificados en Australia, Norte América y Europa del Este, en parte porque estas áreas han sido relativamente estables por periodos geológicos considerables, conservándose así los registros geológicos antiguos, y en parte por los activos programas de investigación que se han llevado a cabo en estas áreas. (Arte por cortesía de R.A.F. Grieve, Geological Society of Canada, tomado del reporte del *Spaceguard Survey* de la NASA.)

### ¿Podría ocurrir nuevamente una colisión como aquella?

La vasta mayoría de los asteroides se encuentran entre las órbitas de Marte y Júpiter. Pero hay una subclase de asteroides, llamados "asteroides que cruzan la órbita de la Tierra", cuyas órbitas los llevan más cerca del Sol que la órbita de la Tierra. Los astrónomos estiman que en esta subclase de asteroides hay entre 1000 y 4000 que son más grandes que un kilómetro (0.6 millas, los asteroides más pequeños pueden causar severos daños locales al golpear, pero no pondrían en peligro el ecosistema global). De éstos asteroides, sólo como 150 han sido identificados por astrónomos.

En años recientes, los astrónomos han emprendido estudios con la intención de descubrir más asteroides. Buscan en fotografías débiles manchas de luz que se muevan con respecto a las estrellas de fondo. A finales de los 1980s encontraban cuatro o más asteroides nuevos cada mes. También descubrieron algunos que estuvieron cósmicamente muy cerca de golpear la Tierra. En marzo 23 de 1989, un asteroide de cerca de media milla de ancho cruzó la órbita de la Tierra a unos 640,000 kilómetros (400,000 millas) de nosotros. La Tierra había estado en ese mismo punto escasas seis horas antes. La aproximación más cercana fue el 17 de enero de 1991, cuando un asteroide llamado 1991BA, de como nueve metros (30 pies) de ancho pasó a 170,000 kilómetros (106,000 millas) de la Tierra, menos de la mitad de la distancia a la Luna.

Basados en los datos sobre cráteres en otros planetas y satélites y en la idea que se tiene sobre el número y las órbitas de los asteroides que cruzan la órbita de la Tierra, los científicos estiman que la Tierra es golpeada por un asteroide mayor a un kilómetro de largo como una o dos veces cada millón de años. Esos golpes son los que acarrearán un riesgo de catástrofe global como la sucedida con los dinosaurios. Rocas más pequeñas, entre 90 metros (300 pies) y un kilómetro de diámetro, golpean la Tierra en promedio una vez cada 300 años más o menos. Su efecto se limita al área que golpearon. Ya que la mayor parte de la Tierra está cubierta de agua, la mayoría aterrizará ahí, con poco efecto en los humanos y otros seres vivos. En 1978 una explosión en el Pacífico Sur, que alguna vez se creyó que fue una prueba nuclear, se cree ahora que fue un pequeño asteroide que golpeó el agua.

Un pequeño asteroide de cerca de 90 metros (300 pies) de largo se cree que explotó como a 20 kilómetros (12 millas) sobre el suelo en un desolado valle del río Tunguska, en el centro de Siberia, en la mañana del 30 de junio de 1908. La explosión, con la fuerza de 12 millones de toneladas de TNT, 800 veces más poderosa que la bomba atómica arrojada en Hiroshima, destruyó un bosque del tamaño de Rhode Island y botó a un hombre de su silla que se encontraba en un puesto de comercio a 112 kilómetros (70 millas) de distancia.

Los cometas, que pasan cerca del Sol como parte de su órbita, también representan un riesgo potencial. Aun cuando se cree que contabilizan sólo entre el 5 y 10 % de los impactos, se aproximan a la Tierra con mayor velocidad y más energía que los asteroides del mismo tamaño (los núcleos de los cometas, llamados "bolas de nieve sucia", hechos de hielo y polvo, son típicamente de diez kilómetros de ancho). Pero ya que no son roca sólida, los cometas tenderán a romperse en pedazos más pequeños al golpear la atmósfera terrestre, causando daños locales severos pero no necesariamente daños globales catastróficos. Los científicos estiman que un cometa pasa entre la Tierra y la Luna cada siglo, y que uno golpea la Tierra cada cien mil años. Cuando hablamos de estas colisiones cósmicas, es importante poner el riesgo en perspectiva. Durante la vida de un hombre, la probabilidad de que la Tierra sea golpeada por algo suficientemente grande para destruir las cosechas mundiales es aproximadamente uno en 10,000. Esta es la misma probabilidad que morir por la anestesia en una operación, morir en un choque automovilístico en un lapso cualquiera de seis meses o morir de cáncer por respirar emisiones de coches en las autopistas de Los Ángeles todos los días. Mientras que todos estos eventos son posibles, la mayoría de la gente no modifica su vida diaria por ellos.

### **¿Hay algo que podamos hacer para prevenir otra gran colisión?**

A principios del año pasado la NASA fue anfitriona de una conferencia para analizar la cuestión de la detección de objetos que se acercan a la Tierra. Concluyeron que una red de seis telescopios de dos o tres metros detectaría el 90% de los asteroides que amenazan con producir una catástrofe global (aquellos de media milla o mayores) y 35% de los cometas (descubiertos por lo menos tres meses antes de un impacto potencial) en un lapso de 25 años de búsqueda. Los astrónomos esperan que tal programa, llamado *Spaceguard Survey* (Estudio de Seguridad Espacial) no encontraría ningún objeto encaminado directamente hacia la Tierra, sino más bien, objetos que, dentro de los siguientes 100 años podrían representar una amenaza. El *Spaceguard Survey* tendría un costo de \$50 millones por los telescopios y otros \$10 millones al año para operar, una inversión en el inicio de 4 centavos por cada Norteamericano. Ya que las colisiones de asteroides son un problema internacional, la cooperación internacional en dicho estudio podría reducir los costos para todos los países. Aún así el estudio propuesto es controversial, con algunos reclamos de que no es necesario, ya que no es de esperarse que haya ninguna colisión en los siguientes cientos de años y de que es muy caro.

¿Y qué si detectamos un objeto que se aproxime directo a la Tierra? Otra conferencia auspiciada por NASA tuvo que ver con la interceptación de objetos amenazantes. Entre más lejos sea interceptado, más fácil será desviarlo o destruirlo (uno más cercano requerirá de un empujón mayor para impedir que toque la Tierra). Hasta ahora, la única fuente de energía suficientemente poderosa para desviar un asteroide como aquel que golpeó la Tierra hace 65 millones de años es nuclear. Una explosión nuclear en la superficie del asteroide arrojaría parte de su material. El movimiento del material alejándose de la superficie actúa casi como una

"patada", empujando al asteroide en la dirección opuesta al material en movimiento. Por otro lado, los cometas podrían fragmentarse en muchos pedazos peligrosos si una bomba explotara en su superficie. Pero un cohete de cabeza nuclear que explote en la cercanía podría derretir parte de su material de gases congelados, convirtiéndolos en "chorros" que actuarían como tubos de escape, empujando al cometa fuera de su camino de muerte. No hay duda, dentro de cientos o miles de años existirán tecnologías enteramente nuevas que podremos usar cuando necesitemos desviar una bala de cañón cósmica que se nos aproxime.

## ¿Qué hay con el cometa que se supone golpeará la Tierra dentro de 130 años?

Algunos reportes noticiosos recientes han mencionado la posible colisión entre la Tierra y el cometa Swift-Tuttle el 14 de agosto de 2126. El cometa Swift-Tuttle fue visto por primera vez en 1862 (cuando Abraham Lincoln era presidente) por dos astrónomos americanos (Lewis Swift y Horace Tuttle, de ahí el nombre del cometa). Tres meses después era demasiado tenue para poder ser visto. Basándose en observaciones durante esos meses, los astrónomos calcularon que el cometa tenía una órbita muy alargada con un periodo de cerca de 120 años. Por lo tanto, se esperaba que regresaría al área cercana al Sol a comienzos de los 1980s.

Poco después de su descubrimiento, el astrónomo italiano Giovanni Schiaparelli notó que la órbita del cometa Swift-Tuttle era remarcadamente parecida a la órbita de las partículas de polvo responsables de la lluvia de meteoros Perseo cada agosto. Durante el pico de las lluvias de meteoros, se les puede ver por cientos (y ocasionalmente por miles) en una hora (comparados con los pocos que se pueden ver en una hora en una noche normal desde un lugar oscuro). La relación que hizo Schiaparelli estableció a los cometas como el origen de las lluvias de meteoros: al acercarse los cometas al Sol, el calor solar convierte su hielo en gas, que explota hacia afuera de la superficie del cometa en "chorros" de gas que jalen parte del polvo con ellos. El polvo es dejado atrás en la órbita del cometa. Cuando la Tierra atraviesa la órbita, al mismo tiempo cada año, se abre camino entre el polvo, desencadenando la lluvia de meteoros.

Durante los años 1970, el número de meteoros vistos cada año en la lluvia de meteoros Perseo se incrementó. Parecía que el cometa Swift-Tuttle iba a reaparecer. Pero no apareció, y poco después la actividad de meteoros de Perseo decreció abruptamente. Los astrónomos se preguntaron si de alguna manera el cometa vino y se fue inadvertido. Después de todo, su órbita se basaba en sólo tres meses de observaciones hace un siglo, y había mucho margen de error.

En 1973, el astrónomo Brian Marsden, del Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, sugirió que el cometa visto en 1862 pudo haber sido el mismo cometa reportado en 1737 por el misionero jesuita Ignatius Kegler en Beijing, China. La conexión era posible si los "chorros" del cometa, causados por el hielo convirtiéndose en gas por el calor del Sol, al explotar hacia afuera de la superficie del cometa y actuar como emisiones de un cohete, hubieran alterado ligeramente su órbita. Marsden predijo que el cometa Swift-Tuttle, con un nuevo periodo calculado de 130 años, volvería a finales de 1992. Un incremento en el número de meteoros Perseo en los años pasados indicaban que el cometa podría estar cerca.

El 26 de septiembre de 1992, el astrónomo aficionado japonés Tsuruhiko Kiuchi, usando unos binoculares de 6 pulgadas, notó un cometa moviéndose a través de la Osa Mayor, en el área en donde los científicos habían calculado que debería estar el cometa Swift-Tuttle, si realmente volviera a aparecer. Otros astrónomos confirmaron que se había encontrado al cometa perdido. La predicción de Marsden de 1973 había sido confirmada, aunque la fecha de su punto más cercano al sol (*perihelio*) había fallado por 17 días. El 7 de noviembre de 1992, el cometa paso a 177 millones de kilómetros (110 millones de millas) de la Tierra (su punto más próximo) rumbo a su perihelio, con fecha 12 de diciembre.

Ya con nuevas observaciones del movimiento del cometa, Marsden se puso a trabajar en la revisión de sus cálculos de la órbita. Calculó que el siguiente perihelio ocurrirá el 14 de agosto de 2126. Pero si la fecha calculada del perihelio fuera inexacta por 15 días (como lo fue por 17 en 1992), el cometa y la Tierra podrían estar en el mismo lugar del espacio al mismo tiempo. Como se cree que el cometa Swift-Tuttle mide 6 millas, como del mismo tamaño que el asteroide que mató a los dinosaurios, una posible colisión parecía ominosa.



Esta fotografía del asteroide Gaspra es el primer acercamiento que se ha tomado de un asteroide en el espacio. Fue tomado por la nave *Galileo* el 29 de octubre 1991 cuando la nave espacial se encontraba a 16,200 kilómetros (10,000 millas) del asteroide. Gaspra, en forma de papa, mide doce millas de largo y siete u ocho de ancho. Su forma sugiere que alguna vez fue parte de un cuerpo mucho más grande que fue destrozado en colisiones con otros asteroides. (Cortesía de NASA/JPL.)

Marsden continuó refinando sus cálculos y descubrió que podría trazar la órbita del cometa hasta hace casi dos mil años en el pasado, para hacerla coincidir con los cometas observados en el año 188 d.C. y posiblemente también en el año 69 a.C. Encontró que la órbita parecía ser mucho más estable de lo que originalmente pensó, con los efectos de los chorros menos pronunciados. Marsden concluyó que es muy poco probable que se presente esa diferencia de 15 días, y retiró su advertencia sobre una posible colisión. Sus nuevos cálculos muestran que el cometa Swift-Tuttle pasará cómodamente a 15 millones de millas de la Tierra en su siguiente viaje al interior del sistema solar. Sin embargo, cuando Marsden corrió sus cálculos más allá en el futuro, encontró que en el año 3044, el cometa pasará tan sólo a un millón de millas de la Tierra. Se salvará por un pelo.

La predicción de Marsden y su retracción posterior, con respecto a una posible colisión entre la Tierra y el cometa, resalta el hecho de que muy probablemente tendremos advertencias sobre una posible colisión con siglos de anticipación, basándonos en cálculos de las órbitas de cometas conocidos y de cometas y asteroides recientemente descubiertos. Tendremos suficiente tiempo para decidir qué hacer.

### **Una nota sobre terminología**

Mientras se encuentra en el espacio, una partícula de polvo o una pequeña piedra que eventualmente golpea la atmósfera de la Tierra y que se quema como un *meteoro* se llama *meteoroides*. Una porción de un meteoroides que sobrevive su paso a través de la atmósfera y que golpea el suelo se llama *meteorito*.



## Colisiones Cósmicas

### Actividad: Cráteres de Impacto

por Ronald Greeley, Arizona State University (adaptado del cuaderno de trabajo de la NASA *Activities in Planetary Geology*).

#### Materiales

- Una bandeja o caja muy fuerte de al menos 61 cm (2 pies) de largo y como 10 cm (4 pulgadas) de profundidad
- Dotación grande de arena extremadamente fina
- Cuatro canicas o balines idénticos
- Tres esferas sólidas como de 2.5 cm (1 pulgada) de diámetro, todas del mismo tamaño pero de diferentes materiales, por ejemplo, vidrio, plástico, acero; o vidrio, madera, aluminio
- Regla de un metro
- Regla de 10 centímetros
- Resortera de juguete (opcional)
- Coladera para té
- Pintura o colorante en polvo, oscura, por ejemplo, roja o azul
- Lentes o gafas de protección
- Bolsa grande de canicas de varios tamaños
- Una balín de acero como de 1.3 cm (½ pulgada) de diámetro

#### Procedimiento

Vacía arena en la bandeja, por lo menos a 7.6 cm (3 pulgadas) de profundidad. Emparejálala con la orilla del metro. Divide la superficie en dos áreas iguales.

#### Importancia de la Masa del Objeto Impactante en los Cráteres

Desde una altura de 1.80 metros (6 pies), deja caer cada una de las esferas grandes (de diferente material) sobre una de las áreas. Sin mover la arena, mide cuidadosamente el diámetro de los cráteres formados por el impacto. Entonces se pedirá a los estudiantes que contesten las siguientes preguntas (las respuestas están entre paréntesis):

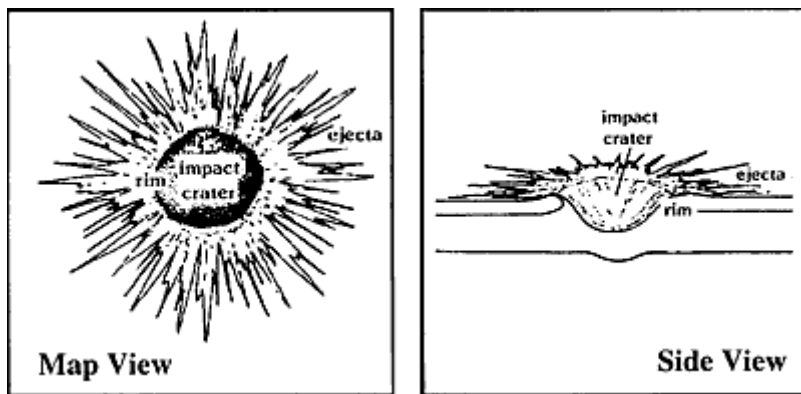
- ¿Cuál esfera creó el cráter más grande? (*La de mayor masa.*)
- ¿Cuál es la única diferencia en la manera en que se formó cada cráter? (*Se varió la masa.*)
- Cada esfera representa un meteorito. ¿Qué puedes decir acerca de la importancia de la masa del meteorito en la formación del cráter? (*El diámetro del cráter aumenta al incrementar la masa.*)

#### Importancia de la Velocidad del Objeto Impactante en los Cráteres

Deja caer las cuatro canicas idénticas sobre la segunda área, cada una desde diferente altura; desde 10 cm hasta 2 metros. Si quieres, puedes arrojar con la resortera la tercera y cuarta canicas, desde 23 y 36 cm (9 y 14 pulgadas) de altura sobre la arena. PRECAUCIÓN: LA RESORTERA ES POTENCIALMENTE PELIGROSA. SÉ

EXTREMADAMENTE CUIDADOSO. CUANDO LA USES EN ESTA ACTIVIDAD, BAJO NINGUNA CIRCUNSTANCIA DEBE SER APUNTADA HORIZONTALMENTE. Sin mover la arena, mide cuidadosamente el diámetro de los cráteres. Haz las siguientes preguntas a los estudiantes:

- En este caso todas las canicas (meteoritos) tuvieron la misma masa. ¿Qué se logró al dejar caer las canicas a diferentes alturas (y al impulsar las dos canicas, si se usó la resortera)? (*Esto varía la velocidad al impacto.*)
- Se obtuvo alguna diferencia al medir el diámetro de los cráteres? (*Sí, al incrementar la velocidad sucede lo mismo con el diámetro.*)
- Además del diámetro, ¿notaste alguna otra diferencia en apariencia entre los cráteres? (*No, todos se veían cualitativamente similares.*)
- ¿Qué crees que sea más importante en la formación de cráteres más grandes, más masa o más velocidad? (*Los incrementos en la velocidad tienen mayor efecto en el diámetro del cráter que los incrementos en la masa. La velocidad tiene una mayor contribución en la energía de impacto.*)



Este es un ejemplo ideal de un cráter reciente.

### Estructura de un Cráter

Retira todas la canicas y esferas de la arena y empareja muy bien la superficie. Nuevamente divide la bandeja en dos áreas. Espolvorea una capa muy fina de polvo de pintura sobre la arena usando el colador de té. La capa de pintura debe cubrir toda la superficie sólo lo suficiente para ocultar la arena. PRECAUCIÓN: USA GAFAS PROTECTORAS Y ASEGÚRATE DE QUE NO HAYA VIDRIO O MATERIALES QUE SE PUEDAN ROMPER CERCA DE DONDE SE LLEVA A CABO ESTA ACTIVIDAD.

Usa la resortera para disparar el balón de 1.3 cm de diámetro verticalmente a la arena. DURANTE LOS SIGUIENTES PASOS, ASEGÚRATE DE NO PERTURBAR EL CRÁTER QUE SE FORMÓ. Haz dos dibujos del cráter, uno visto desde arriba (vista de mapa) y uno visto desde el nivel de la arena (vista lateral). Etiqueta los dibujos con la palabras, borde, material eyectado y cráter de impacto. Deben notarse los detalles del cráter. Pregunta lo siguiente a los alumnos:

- ¿En dónde encuentras la capa más gruesa de material proyectado? (*En el borde.*) ¿Qué crees que causó la formación del borde del cráter? (*La arena expulsada por el impacto se depositó en el borde.*)
- El polvo de color representa los depósitos de sedimento más recientes en la superficie de los planetas. Cualquier material debajo de las capas superiores debió haber sido depositado en una tiempo anterior (siendo físicamente más viejo). Si estuvieras examinando un cráter de la Luna, dónde encontrarías, probablemente el material más antiguo? ¿Por qué piensas eso? (*Cerca del borde, porque el material más profundo eyectado aterriza más cerca del cráter, es decir, en el borde.*)

### Cráteres en la Luna

En la segunda área haz otro cráter usando la resortera y el balón de 1.3 cm. Después deja caer cada una de las canicas (de la bolsa de canicas de

diferentes tamaños) desde una altura arbitraria, de manera que cada una impacte a una velocidad diferente. Asegúrate de dejarlas caer cerca, pero no exactamente encima del cráter formado por el método de la resortera.

Observa el proceso cuidadosamente mientras lo realizas. Pregunta a los estudiantes lo siguiente:

- ¿Cómo cambia la apariencia del cráter original mientras continúas bombardeando el área? (*Pierde la nitidez de sus bordes.*)
- Mira una fotografía de los cráteres de la Luna. ¿Tienen todos los cráteres la misma apariencia nueva, fresca y aguda? Describe los diferentes aspectos. (*No, existen desde bordes lisos hasta bordes agudos, desde en forma de tazón hasta elípticos, etc.*)
- ¿Qué crees que ha sucedido en esta área? (*Un bombardeo de largo plazo.*)
- ¿Qué crees que sea una fuente importante de erosión en la Luna? (*Los cráteres de impacto.*)
- ¿Qué te dice la apariencia de un cráter acerca de su edad? (*Mientras más joven, sus características serán más nítidas; entre más viejo, estará más degradado.*)



Cráteres en la región Tycho-Clavius de la Luna.

### Nota acerca del Procedimiento

Esta actividad fue desarrollada para estudiantes de ciencias a nivel de educación media superior. Pueden demostrarse los cráteres de impacto a alumnos más jóvenes o estudiantes menos avanzados usando lodo en vez de arena y balines. Añade agua a la tierra hasta que el lodo tenga la consistencia de una masa espesa para pastel o hasta que gotee lentamente de una cuchara. Entonces deja caer cucharadas llenas de lodo sobre un molde para pastel repleto del lodo para formar cráteres. Para más detalles de esta variante ver *Ranger Rick's Naturescope - Astronomy Adventures* de la National Wildlife Federation (1989) o *Astronomy for Every Kid*, de Janice Van Cleave (John Wiley and Sons Publishers, 1991).

### Lecturas adicionales sobre colisiones

- Chapman, C. y Morrison, D. *Cosmic Catastrophes*. 1989 Plenum Press. [Ver extractos en la revista Mercury de Nov/Dic 1989 y Ene/Feb 1990.]
- Goldsmith, D. *Nemesis*. 1985 Walker.
- Gould, S. "An Asteroid to Die For" en *Discover*, Oct. 1989, p. 60.
- Morrison, D. y Chapman, C. "Target Earth: It Will Happen" en *Sky and Telescope*, Mar. 1990, p. 261.
- Sinnott, R. "An Asteroid Whizzes Past the Earth" en *Sky and Telescope*, July 1989, p. 30.
- Weissman, P. "Are Periodic Bombardments Real?" en *Sky and Telescope*, Mar. 1990, p. 266.

Traducido por María Icaza