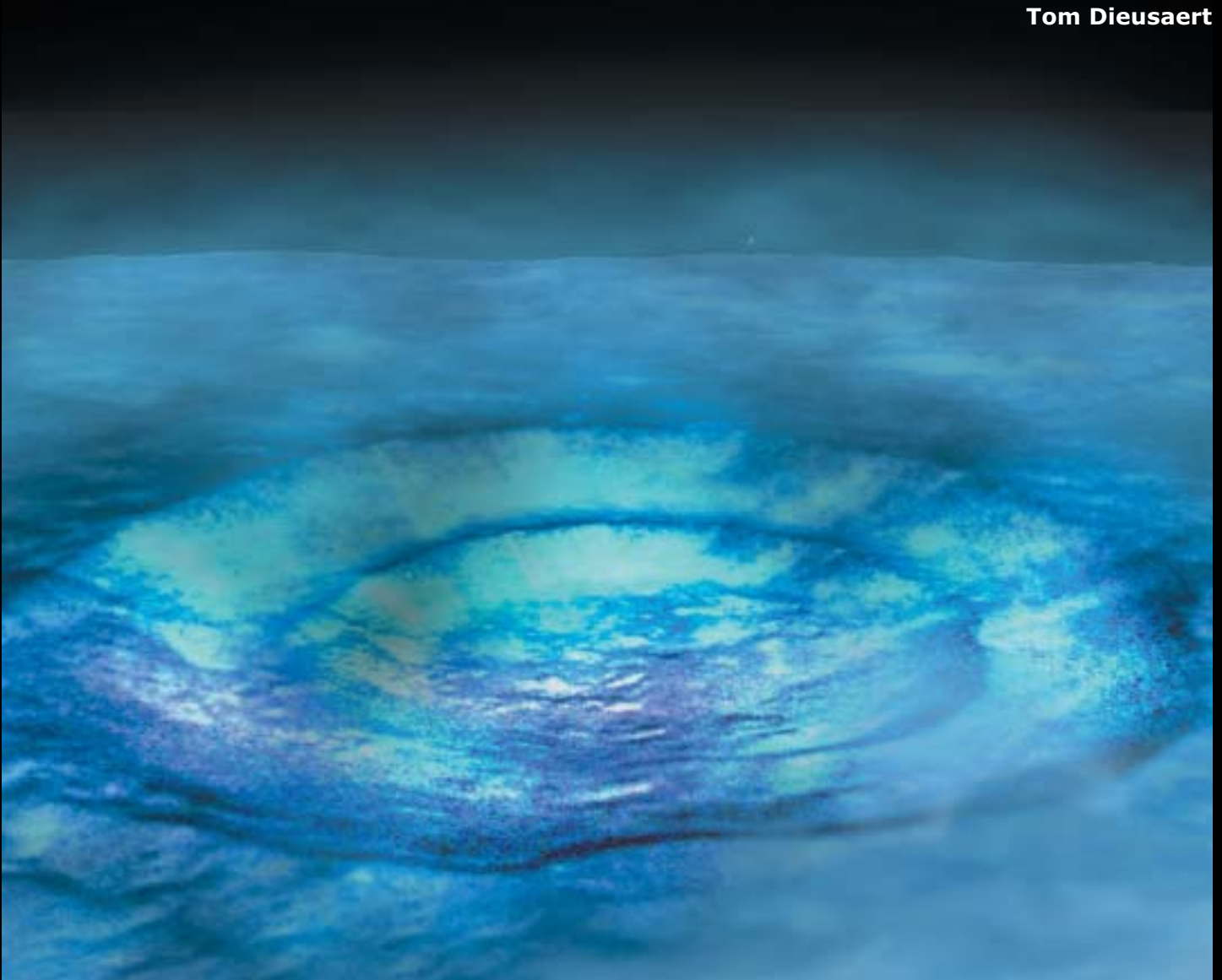


# El cráter de la muerte

Tom Dieusaert



A FINALES DE ESTE AÑO, UN GRUPO INTERNACIONAL DE INVESTIGADORES TRATARÁ DE ARRANCAR LOS ÚLTIMOS SECRETOS DEL CRÁTER DE CHICXULUB. PERFORACIONES A GRAN PROFUNDIDAD PODRÍAN DAR UNA RESPUESTA DEFINITIVA SOBRE EL EFECTO DEL IMPACTO DE UN METEORITO QUE SE SUPONE DESENCADENÓ LA EXTINCIÓN DE LOS DINOSAURIOS HACE 65 MILLONES DE AÑOS.

**EL NORTE DE** la península de Yucatán tiene todo para fascinar a geólogos, paleontólogos, astrónomos y científicos de otras disciplinas. Se piensa que el cráter gigantesco que yace debajo de esa región —en cuyo centro se localiza el pueblo pesquero de Chicxulub—, es el producto de uno de los impactos extraterrestres más grandes de los que se tenga noticia y tiene una edad clave: se produjo hace 65 millones de años, época en que ocurrió una extinción masiva de especies, entre otras, los dinosaurios.

El cráter, que después del impacto se fue llenando poco a poco con sedimentos hasta quedar completamente cubierto, no sólo puede aportar información valiosísima sobre la caída de cometas y meteoritos a la Tierra (que no es tan rara como se creyó por muchos años), sino también contribuir al debate sobre las extinciones que ocurrieron en la transición entre dos épocas: del Cretácico al Terciario, conocida como línea K-T por sus iniciales en alemán. Al tiempo que científicos de diferentes países armaban pieza por pieza el rompecabezas de la extinción masiva, con el hallazgo de Chicxulub se llegó a una explicación tan asombrosa sobre el origen de esa extinción que actualmente, no obstante el cúmulo de evidencias que la sostienen, sigue habiendo escépticos dentro de la comunidad científica.

### ¿Catástrofe?

Hasta hace poco, los impactos extraterrestres eran terreno pantanoso para los

geólogos. La geología tradicional tenía como dogma *el gradualismo*, según el cual todos los procesos en la naturaleza son lentos y producto de cambios pequeños, que suceden a través de millones de años. “*Natura non facit saltum*” (la naturaleza no da saltos) era el lema favorito del geólogo Charles Lyell, cuyo libro *Principios de Geología* fue devorado por Charles Darwin en sus viajes en el barco *HMS Beagle* y terminó influyendo en su obra clave, *El origen de las especies*. La teoría del *catastrofismo*, que toma en cuenta los cambios bruscos y violentos en la formación del planeta, no era muy popular, como lo muestra el caso de Harlen Bretz, un geólogo estadounidense que en los años veinte postuló que los inmensos canales secos en el estado de Washington eran producto de un diluvio gigantesco ocurrido en épocas glaciales; Bretz tuvo que esperar hasta 1965 para que le dieran la razón.

En la visión gradualista parecía poco científico presentar un cometa o un meteorito como *deus ex machina*<sup>1</sup> para explicar un fenómeno terrestre como una extinción masiva. Las cosas empezaron a cambiar a finales de los años sesenta, con la llegada del hombre a la Luna. Mientras todo el mundo quedó maravillado con las

<sup>1</sup> Expresión en latín, que se refiere a una persona o cosa que en forma repentina e inesperada proporciona una solución artificial o inventada para un problema en apariencia irresoluble. Originalmente esta expresión era utilizada en el teatro griego y romano para describir la aparición de un dios en escena, el cual desenredaba la trama; el dios aparecía en el “cielo” por medio de una grúa (*machina*). (N. del E.)



NO SE SABE SI EL  
 OBJETO QUE CAYÓ  
 EN CHICXULUB FUE  
 UN METEORITO O  
 UN COMETA, PERO  
 SÍ QUEDA CLARO  
 QUE DESDE  
 ENTONCES EL  
 PLANETA NO HA  
 SIDO EL MISMO.

hazañas de los astronautas, casi nadie se fijó en la faz de nuestro satélite, llena de cicatrices de impacto. Casi, porque el astrónomo estadounidense Eugene Shoemaker estuvo observando la Luna con su telescopio desde Colorado y posteriormente estudió las rocas lunares que trajeron las misiones Apolo. Shoemaker comparó esas rocas con las que encontraba cerca de los escasos cráteres de impacto conocidos en nuestro planeta. Si bien la Tierra es mucho menos vulnerable que la Luna al impacto de objetos extraterrestres gracias a la atmósfera, con mucha frecuencia caen objetos del cielo. Fue Shoemaker quien probó que el famoso cráter localizado en medio del desierto de Arizona era producto de un impacto meteórico. El llamado *Meteor Crater*, que hoy en día es visitado por cientos de turistas y candidatos a astronautas de la NASA, tiene un kilómetro de diámetro y fue cavado por un objeto de apenas 60 metros de diámetro, hace unos 50 000 años. Es impresionante el daño que puede hacer una roca que cae a la Tierra con una velocidad estimada de 20 kilómetros por segundo. Se calcula que el impacto de Arizona tuvo la misma fuerza que seis bombas atómicas, no causó, desde luego, víctimas humanas, ya que hace 50 mil

años quienes habrían de ser los primeros pobladores de América apenas estaban cruzando el Estrecho de Bering.

### Invierno nuclear

El cráter de Chicxulub —conocido como *cráter de la muerte*— goza de menos fama que el de Arizona, pero definitivamente es de otro calibre; tiene un diámetro aproximado de 200 km, una profundidad estimada de 16 km y se calcula que fue causado por el impacto de un objeto de unos 10 km de diámetro. Imagínate el Monte Everest cayendo del cielo a una velocidad de entre 20 y 40 km por segundo.

La colisión con la Tierra fue devastadora: los científicos la comparan con el estallido de millones de megatonnes de TNT o de cinco mil millones de bombas atómicas. Arrasó de inmediato con toda la materia viva circundante, causó temblores y levantó nueve tsunamis de un kilómetro de altura que se dirigieron hacia Texas. Con el intenso calor del impacto se produjo una bola de fuego gigantesca en forma de hongo. “Peor que la descarga de energía y la onda de choque a nivel continental (la onda sonora que se produjo antes de que el bólido hiciera contacto con la superficie), fueron los efectos posteriores que repercutieron sobre toda la



Tierra”, dice Mario Rebolledo, geofísico de la Universidad Autónoma de México, que estudia el cráter de Chicxulub. “El bólido mismo fue pulverizado, pero cavó un hoyo que levantó tanto polvo que, por un periodo relativamente largo, de semanas a meses, la Tierra se mantuvo en oscuridad. Al tapar los rayos del Sol, no sólo bajó la temperatura, sino también se destruyó la fotosíntesis, por lo cual se marchitaron las plantas y los animales se murieron de hambre. Ese ‘invierno nuclear’ —llamado así porque los científicos han previsto una situación parecida en caso de una guerra atómica— no duró mucho, de otro modo todos los animales habrían muerto. Después de un tiempo el polvo bajó, pero empezó un efecto invernal”. Para tener una idea de cómo se dispersan ese tipo de partículas en la atmósfera, recordemos la erupción del volcán Pinatubo, en Filipinas, ocurrida en 1992; el polvo que se produjo entonces dio cuatro vueltas alrededor del mundo y tardó seis meses en asentarse.

Rebolledo explica que “la caliza que cubría la península sumergida y los evaporitos como el yeso, se fundieron con el impacto y expulsaron millones de toneladas de dióxido de carbono y dióxido de azufre a la atmósfera, dando origen a un calentamiento global de varios grados. Probablemente muchas especies, como los dinosaurios, no resistieron el aumento brusco de temperatura, que produjo todo tipo de cambios en su hábitat y perecieron”.

### Crónica de un descubrimiento

La razón por la cual Chicxulub es relativamente desconocido es que después de millones de años de erosión y sedimentación no hay rastros visibles del cráter. Lo único que destaca en el paisaje plano yucateco es un anillo gigantesco de cenotes en la parte más al sur del cráter, que se formaron en sus orillas a causa del hundimiento y la erosión. La parte norte del cráter yace en el mar: hace 65 millones de años, toda la península estaba sumergida unos cien metros en el agua (razón por la cual se originaron olas gigantes, tsunamis) y en los años posteriores al impacto, el cráter se llenó con sedimentos marinos de caliza. El propio hallazgo del cráter es una historia digna de ser llevada a la pantalla grande por la

increíble serie de aciertos y coincidencias gracias a la cual un equipo variado de científicos logró revelar el misterio.

El cráter yucateco cobró fama gracias al debate de la extinción K-T, que si bien no fue la más grande en la historia de la Tierra, es posible que sea la que más captura nuestra atención por la desaparición de los dinosaurios, los cuales habían logrado dominar el planeta por cientos de millones de años. No obstante, el cráter de Chicxulub fue descubierto más bien por casualidad.

En 1952 la empresa Petróleos Mexicanos (Pemex) empezó a realizar perforaciones en la península de Yucatán buscando petróleo. Los ingenieros sacaron un tipo de roca dura cristalina, denominada *melt* (que en inglés significa

## La búsqueda de las pruebas

Mario Rebolledo forma parte del equipo de geofísicos de la UNAM que, bajo la coordinación del doctor Jaime Urrutia, va a explorar el cráter de Chicxulub a finales de este año. Actualmente se conoce el cráter hasta una profundidad de 700 metros. Las perforaciones que realizó Pemex en los 50 tenían como fin buscar petróleo y fueron suspendidas cuando fue evidente que ahí no había ningún yacimiento. En 1994, una vez que se ubicó el cráter, el Instituto de Geofísica de la UNAM hizo perforaciones en su orilla, porque ahí es posible obtener varias capas a una menor profundidad, pero no alcanzó a llegar más allá de las capas sedimentarias.

Ahora se pretende llegar hasta tres kilómetros de profundidad cerca del centro del cráter, utilizando equipo especializado de perforación, y completar así los datos detallados sobre la gravedad que recopiló en febrero pasado la UNAM con el Centro de Investigación Geológica de Potsdam, Alemania (*Geo Forschungs Zentrum, GFZ*), uno de los institutos geológicos más importantes en el mundo.

“El cráter básicamente fue rellenado con caliza”, dice Rebolledo, “éstos son sedimentos marinos que se depositaron en los millones de años posteriores al impacto, cuando la península todavía estaba sumergida. De las perforaciones profundas que hizo Pemex recuperaron roca caliza con fragmentos de brecha (roca generada por procesos violentos como los volcánicos o de impacto) y de *melt*, o roca fundida. Básicamente después del impacto, el cráter se veía como una gran alberca con líquido, que después se enfrió para formar esta capa de *melt*. Lo que queremos es llegar a esta capa de *melt* y conocer sus propiedades físicas. Hasta ahora tenemos suposiciones sobre los grosores de varias capas y la cantidad de material que fue arrojado a la atmósfera, pero no lo sabemos con certeza. Las perforaciones mejorarán los modelos que tenemos”.

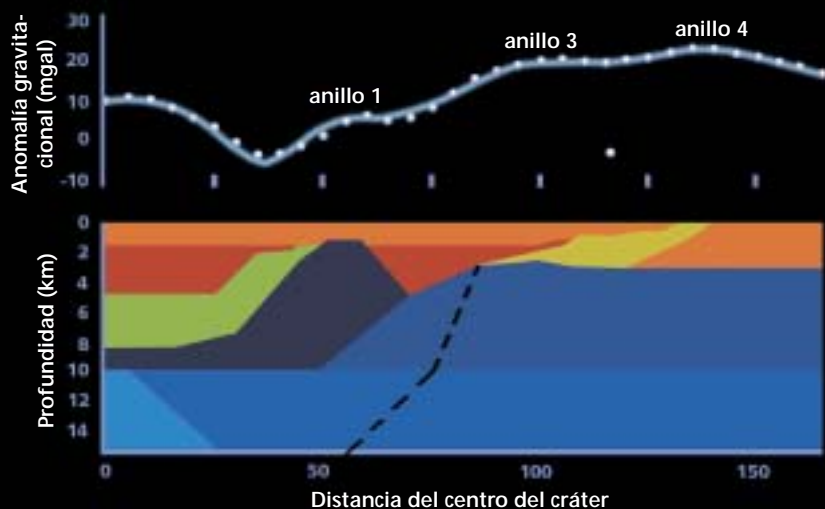
Según Rebolledo, el cráter de Chicxulub nos puede enseñar mucho sobre la formación de cráteres de impacto. “Es un cráter muy bien conservado, ya que la península de Yucatán se encuentra sobre una placa tectónica estable. Es un ejemplo único en el mundo. Las perforaciones podrán dar respuesta a la cantidad de masa y la consistencia del material de impacto, su ángulo, la profundidad que cavó el bólido y la distribución del material que eyectó”.

El origen del bólido probablemente seguirá siendo una incógnita: “Sólo si por casualidad se encuentra un pedazo del meteorito o el núcleo lítico de un cometa, sabremos qué fue lo que cayó en Chicxulub hace 65 millones de años, pero eso es muy improbable”.

“Vamos a ver a dónde llegamos y qué encontramos” dice Rebolledo, quien no duda que pueda convencer a los escépticos. “Si todavía no ceden ante las pruebas abrumadoras del impacto extraterrestre, las nuevas investigaciones no los harán cambiar de opinión. A menos —añade el geofísico con una sonrisa—, que encontráramos un dinosaurio con un pedazo de meteorito incrustado en la cabeza”.

“fundido”), lo que los convenció de que allí no había petróleo ya que éste se encuentra en un tipo de roca porosa. La roca *melt* se parecía mucho a la andesita, una roca volcánica muy común en el continente. Los ingenieros de Pemex concluyeron que debajo de la superficie yacía un volcán y dejaron de buscar en esta zona el oro negro.

Fue hasta los años setenta que las miradas otra vez se volvieron a la península, cuando Antonio Camargo, un ingeniero de Pemex, y Glen Penfield, un consultor estadounidense, empezaron un estudio del subsuelo de Mérida, convencidos de que ahí no podía haber un volcán. Fascinados, desarrollaron la idea de que se podía tratar de un cráter de impacto, sólo que no conocían ninguno de ese tamaño en el



Modelo conceptual en dos dimensiones de la señal gravimétrica de un corte transversal, orientado este-oeste del cráter de Chicxulub. En azul se representan las rocas sedimentarias “preimpacto” del Mesozoico; en rojo, amarillo, verde y azul oscuro, se muestran las rocas producto del impacto. En naranja, se representan las rocas calizas postimpacto que cubren el cráter.

Los puntos representan los datos obtenidos en campo; la línea continua, el comportamiento teórico del campo gravitacional, obtenido con el modelo conceptual.

mundo. Los ingenieros analizaron la roca *melt*, extraída 20 años atrás por Pemex, y se dieron cuenta que sólo las temperaturas y presiones extraordinarias que se producen por el impacto de un objeto extrarrestre podrían fundir la piedra. Además, observaron en la zona una disminución de la gravedad, resultado de una falta de masa, mientras que el campo magnético presentaba una forma circular en el cráter “con altibajos, causados por la presencia extraordinaria de hierro y la estructura revocada dentro del cráter, donde la roca *melt* se mezcló con brecha, una roca que se forma a través de procesos violentos como erupciones o impactos”, señala Mario Rebolledo (véase recuadro). Camargo, que hoy en día está jubilado y es asesor del proyecto de Chicxulub, hizo una presentación informal del tema junto con Penfield en 1981. Ambos habían encontrado la respuesta a una pregunta que todavía no se formulaba.

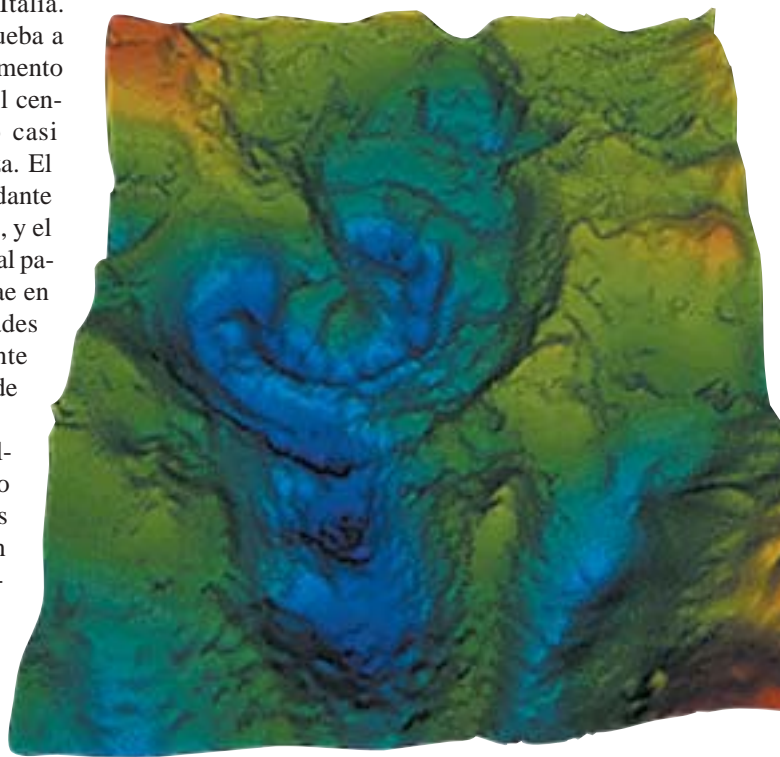
### En busca de un asesino

Durante los años setenta, al mismo tiempo que Camargo y Penfield estudiaban en Yucatán la estructura del cráter, en California, el físico Luis Álvarez (ganador del Premio Nobel de su especialidad, en 1968) y su hijo Walter, un geólogo, realizaban una investigación sobre la transición entre el Cretácico y el Terciario. Los

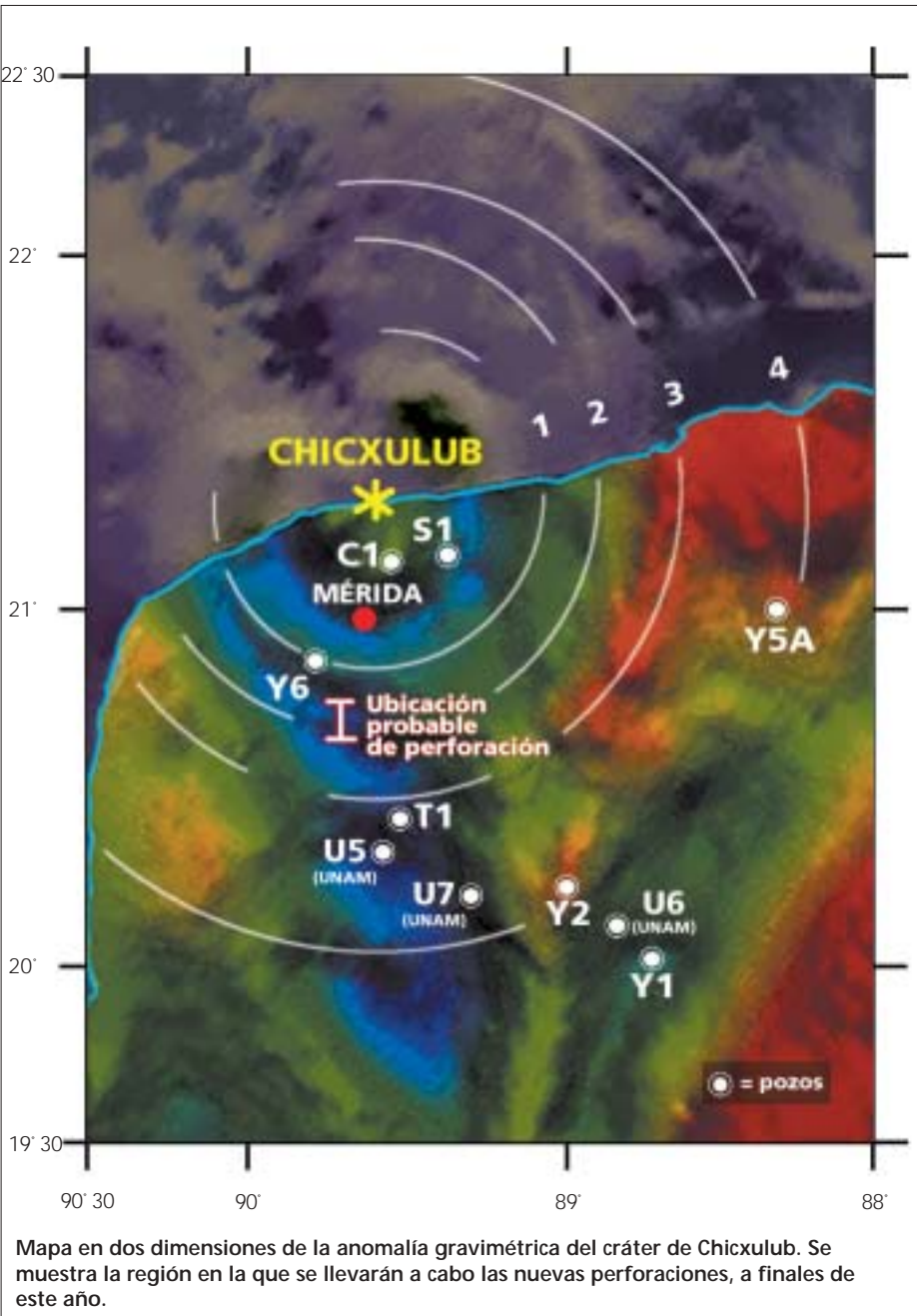
Álvarez querían medir el tiempo entre estos dos periodos, representado por una capa de arcilla que existe entre dos capas de caliza en Gubbio, Italia. Decidieron hacer la prueba a través del iridio, un elemento pesado, abundante en el centro de la Tierra, pero casi inexistente en la corteza. El iridio es aún más abundante en asteroides y cometas, y el polvo que éstos sueltan al pasar cerca de la Tierra cae en muy pequeñas cantidades pero en forma constante sobre toda la superficie de nuestro planeta.

La sorpresa de los Álvarez fue enorme cuando analizaron las muestras de Gubbio y encontraron una concentración anormal de iridio en la arcilla K-T, hasta cien veces más alta que en otras muestras. Para explicar esta anomalía, los Álvarez consideraron al principio la hipótesis de la explosión de una estrella supermasiva, a la cual se denomina supernova, en las cercanías del Sistema Solar. Una explosión así podría haber provocado la muerte de

muchas especies en la Tierra por la dosis de radiación cósmica que genera y su gran alcance. Sin embargo, dada la cantidad de iridio encontrada en la transición K-T, la explosión tendría que haber sucedido a una distancia de una décima de año luz del Sistema Solar. Se calcula que la probabilidad de un evento así es de una en mil millones. No obstante, la hipótesis se puso a prueba. Si la fuente del iridio había sido una supernova, entonces tendría que haber evidencias de la presencia de plutonio 244 en la misma capa de arcilla estudiada por los Álvarez, ya que este isótopo —al igual que todos los elementos más pesados que el níquel y el hierro— sólo se forma en las supernovas. El análisis estuvo a cargo de dos químicos nucleares, Helen Michel y Frank Asaro, quienes acababan de desarrollar una técnica particularmente apropiada para el caso. El resultado fue negativo, no encontraron ningún rastro de plutonio 244. Entonces los Álvarez plantearon la hipótesis que desde entonces se discute: la anomalía del iridio en la transición K-T se debía al impacto de un co-



Modelo en tres dimensiones del campo gravitacional en el cráter de Chicxulub. Obsérvese la geometría circular del campo, los anillos concéntricos, y una elevación central producto del impacto.



meta o de un meteorito, mismo que también explicaba la extinción masiva ocurrida entonces.

### Las evidencias

La idea del cometa o meteorito asesino levantó mucho polvo en el mundo científico, que todavía ignoraba el trabajo de Camargo y Penfield y exigía más pruebas... que empezaron a llegar a cuentagotas.

Otros científicos encontraron en distintas partes del globo, desde España hasta Nuevo Mexico, concentraciones de iridio en la transición K-T similares a las halladas por los Álvarez. El geólogo Bruce

Bohor investigó en varios de estos lugares y encontró lo que en inglés se denomina *shocked quartz*, granos de cuarzo dañados por una onda de choque. Las ondas de choque que resultan de un impacto se distinguen de las sísmicas en que dejan la roca comprimida de manera permanente, en tanto que las segundas sólo expanden la roca temporalmente. Jan Smit, un investigador holandés que había encontrado las anomalías en la concentración de iridio en la frontera K-T al mismo tiempo que los Álvarez, descubrió en 1991 cerca del río Brazos, en Texas, la prueba física de un tsunami enorme: sedimentos pro-

La idea del cometa o meteorito asesino levantó mucho polvo en la comunidad científica.

venientes de las profundidades marinas, mezclados con caliza (como la encontrada por los ingenieros de Pemex en las perforaciones de Yucatán) y otros materiales que también corresponden a los que pudieron haber sido expulsados por el impacto de un meteorito.

Los sedimentos fueron fechados 65 millones de años atrás. Lo único que faltaba era buscar el cráter del impacto, la prueba definitiva, tarea que parecía casi imposible ya que los científicos pensaban que el cráter debía estar debajo del océano y había una gran posibilidad de que los movimientos tectónicos hubieran borrado las últimas evidencias.

Alan Hildebrand, un investigador canadiense que había estudiado los depósitos en el Río Brazos, concluyó por las características de la deformación que el tsunami debió partir del sur, probablemente del Caribe; analizó los reportes geológicos de la zona y se puso en contacto con Antonio Camargo, quien no estaba enterado de la búsqueda del cráter de la muerte. Hildebrand sobrevoló la península de Yucatán y realizó mediciones que confirmaron las anomalías en la gravedad y

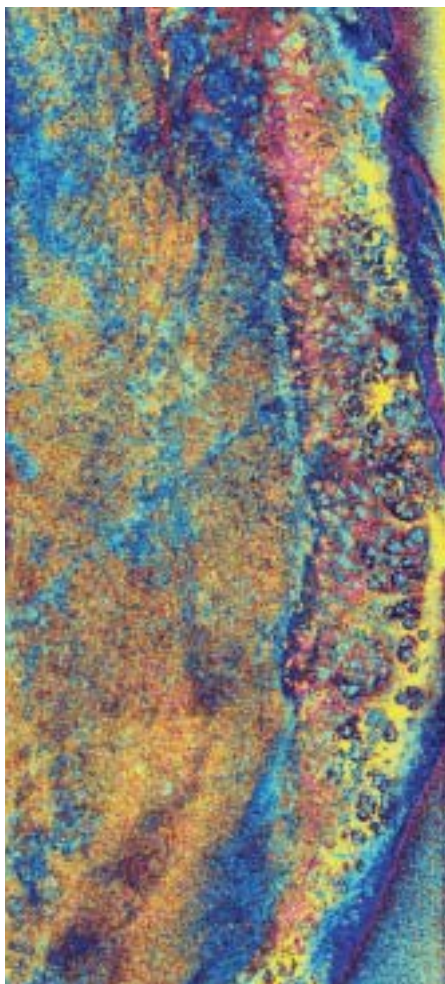


Imagen de radar del suroeste del cráter de Chicxulub. (Foto: Cortesía NASA).

el magnetismo encontradas por Camargo y Penfield en los años setenta. Además, las anomalías correspondían a las proyecciones hechas por Luis y Walter Álvarez sobre el posible tamaño del cráter, unos 200 km de diámetro, producto del impacto de un objeto que debió haber tenido unos 10 km de diámetro para ser capaz de esparcir las cantidades de iridio encontradas. En 1992 varios científicos confirmaron la edad del cráter de Chicxulub, 65 millones de años, a través de pruebas de decaimiento radiactivo del argón. El cráter “de los dinosaurios” había sido localizado.

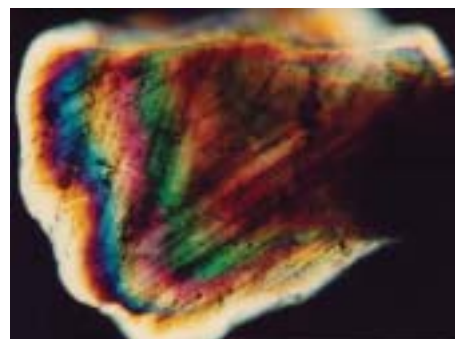
## Extinciones

Claro que no todos los científicos que habían manifestado sus dudas sobre el impacto quedaron convencidos. La teoría que más competía (y aún compite) con la del impacto es la volcánica: cuando el Pinatubo hizo erupción, por varias sema-

nas se pudo observar un atardecer rojo en Londres, lo que demostró que la actividad volcánica, por el polvo y hollín que expulsa, tiene efectos en toda la Tierra. Según la teoría volcánica, las extinciones K-T no se deben a un impacto sino a las constantes exhalaciones de un gigantesco volcán en India, el Deccan Traps, cuya lava cubrió gran parte del subcontinente en esa misma época.

Los seguidores de la teoría del vulcanismo argumentan que a raíz de la explosión del Kilauea, en Hawai, en 1983, se encontraron un par de gramos de iridio en la lava, lo que parecía invalidar la presencia de iridio como prueba de un impacto extraterrestre. “Pero en la lava del Deccan Traps no hay una presencia anormal de iridio”, dice Philippe Claeys, geólogo belga que ha estudiado el cráter de Chicxulub. “Además, se ha demostrado que la actividad volcánica duró por lo menos un millón de años, que es un periodo demasiado largo para explicar las extinciones repentinas de la transición K-T. El Deccan Traps queda descartado”.

Paradójicamente, ambas teorías ven la causa de las extinciones como un efecto meteorológico parecido: el bloqueo de los rayos del Sol que obstruyó la fotosíntesis. El mismo patrón de extinción en la transición K-



Granos de cuarzo dañados por una onda de choque.

T parece confirmar que se produjo un invierno nuclear, ya que un gran número de las especies que dependían directa o indirectamente de la fotosíntesis se extinguieron, y no sólo los dinosaurios. “De hecho, los dinosaurios son el ejemplo más espectacular de las extinciones”, dice Mario Rebolledo, “pero aportan muy poco científicamente, ya que es muy difícil encontrar un esqueleto completo en la transición K-T. Por otro lado, son muy



Foto: Laura Grace Navarro

Este cenote forma parte de un anillo de cenotes en la porción sur del cráter. Son producto de la fractura de las rocas calizas, a su vez consecuencia del ajuste morfológico del cráter, y la única expresión superficial del mismo.

claras las extinciones de microorganismos como los foraminíferos (un tipo de plancton) que son muy abundantes en el Cretácico y están casi ausentes en la roca Terciaria”.

“Este tipo de organismos unicelulares o fitoplancton flotaban bajo la superficie del agua, captando los rayos del Sol”, explica Philippe Claeys. “En los miles de años posteriores al impacto los océanos casi se quedaron sin microorganismos. Se estima que en la transición K-T desapareció el 60% de las especies de la cadena alimenticia compuesta por plantas, animales herbívoros y carnívoros. Las plantas que sí sobrevivieron al desastre, y son muy abundantes en el Terciario, son las de sombra, como los helechos. Las especies que dependen directa o indirectamente del *humus* o desperdicio orgánico también sobrevivieron: ahí están los ejemplos de los anfibios, peces de agua dulce, cocodrilos y tortugas, al igual que los primeros mamíferos”.

### Colisión en Júpiter

Aunque muchos no están convencidos de que el bólido en Chicxulub sea el respon-

sable de las extinciones masivas, la existencia del impacto y el cráter en lo que ahora es Yucatán ha quedado comprobada. Por más fantástico que suene, es un hecho alarmante. Por mucho tiempo se creyó que estábamos a salvo de los impactos extraterrestres: los asteroides, que al caer en la Tierra se denominan meteoritos, y los cometas han hecho hasta ahora poco daño. El más notable fue el impacto en Tunguska (Siberia), ocurrido en 1908, que devastó una amplia área boscosa. Pero en 1994 el mundo fue por primera vez testigo del impacto de un cometa, cuando el Shoemaker-Levy 9 se estrelló en Júpiter. En el evento, transmitido en directo por la NASA, se observó cómo el cometa, de unos cientos de metros de diámetro, hizo en el planeta gaseoso un hoyo del tamaño de nuestra Tierra.

Aunque los cometas normalmente tienen órbitas fijas alrededor del Sol, pueden cambiar de ruta por razones externas, como choques con otros cuerpos celestes. “Los cometas son como gatos”, dijo el cazador de cometas David Levy al respecto en la revista *National Geographic*, “tienen colas y hacen lo que se les antoja”.

No se sabe si el objeto que cayó en Chicxulub fue un meteorito o un cometa, pero sí queda claro que desde entonces el planeta no ha sido el mismo. Fue lo que acabó con muchas especies, como las de los dinosaurios, mientras que su impacto hizo posible nuestra presencia en la Tierra.

Por otro lado, el meteorito o cometa también nos da otra lección: que fenómenos como el calentamiento global pueden tener consecuencias graves a la larga y que al final la vida es muy efímera. Si otra bola de fuego semejante cae del cielo, la Tierra se pondrá nuevamente de luto.

---

Agradecemos la revisión de este artículo al doctor Jaime Urrutia-Fucugauchi, director del Instituto de Geofísica de la UNAM, y el maestro en ciencias Mario Rebolledo, investigador del mismo.

---

Tom Dieusaert es un periodista belga que reside en México desde 1996. Trabaja como corresponsal para periódicos de Bélgica y Holanda y ha colaborado en varias revistas mexicanas y extranjeras, entre otras *Día Siete*, *Milenio*, *Geomundo*, *Voices of Mexico*, *Expansión* y *LA Weekly*.